

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

**CUANTIFICACIÓN DE PLOMO EN SANGRE Y
PROTOPORFIRINA ZINC ERITROCITARIA EN
TRABAJADORES DE EMPRESAS DE SERVICIO DE
FOTOCOPIADO QUE FUNCIONAN EN EL CAMPUS
UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
MAYOR DE SAN MARCOS**

Tesis

para optar al título profesional de QUÍMICO FARMACÉUTICO

AUTOR

Bach. JOSÉ CARLOS ANTAY UTANI

Bach. ALONSO SAIRE MARIN

ASESORES

Mg. José Alfonso Apesteguía Infante

Lima – Perú

2014

DEDICATORIA

A Dios que me ilumina con su
bendición cada día.

A mis padres Emiliano y Domitila
que me apoyan incondicionalmente
en cada meta que me trazo, son
un ejemplo de vida y perseverancia.

A mi hermano Beto que con
su forma de ser complementa
a mi querida familia.

A mi amiga Violeta Bejarano,
quien me brindó fuerza y apoyo
para la culminación de la
presente tesis.

José A.

Con todo mi cariño y mi amor para mis padres Agripino y Natalia que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

A mis hermanos Marilyn y Andre,
que con su amor me han enseñado
a salir adelante.

A mis amigos, por pasar a mi lado los momentos de mi vida universitaria y estar siempre en las buenas y en las malas, jamás los olvidare.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro sincero agradecimiento y reconocimiento a nuestro asesor **Mg. José Alfonso Apesteguía Infantes** y coasesor **Dr. Mesías Moisés García Ortiz** por su apoyo y orientación en la realización de la presente tesis.

A los señores miembros del jurado Examinador y Calificador:

Presidente: Q.F. Manuel Alberto Torres Roca
Miembros: Mg. César Augusto Canales Martínez
Mg. Luis Alberto Inostroza Ruiz
Q.F. José Antonio Llahuilla Quea

Por sus acertadas sugerencias que contribuyeron a enriquecer el valor del presente trabajo de investigación.

Un agradecimiento especial:

A los señores trabajadores de las empresas del servicio de fotocopiado del Campus Universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por colaborar con su tiempo y su disponibilidad para la realización del presente trabajo.

A los trabajadores de la Clínica Universitaria de la UNMSM por colaborar y facilitar sus ambientes para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

INDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	vii
SUMMARY.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
HIPÓTESIS.....	4
OBJETIVOS.....	5
I. MARCO TEÓRICO	
PLOMO	
1. GENERALIDADES.....	6
2. LÍMITES DE EXPOSICIÓN.....	7
3. FUENTES DE EXPOSICIÓN.....	7
4. TOXICOCINÉTICA.....	11
5. TOXICODINAMIA.....	14
6. DIAGNÓSTICO.....	24
7. TRATAMIENTO.....	26
PROTOPORFIRINA ZINC ERITROCITARIA	
1. GENERALIDADES.....	29
2. VALORES NORMALES.....	30
3. DIAGNÓSTICO.....	30
II. PARTE EXPERIMENTAL	
A. FUNDAMENTO	
1. DETERMINACIÓN DE PLOMO POR ESPECTROFOTOMETRÍA.....	32

DE ABSORCIÓN ATÓMICA POR HORNO DE GRAFITO	
2. DETERMINACIÓN DE PROTOPORFIRINA ZINC ERITROCITARIA...32	
POR ESPECTROFLUOROMETRIA	
B. SELECCIÓN DE LA POBLACIÓN A EXAMINAR.....	33
C. EQUIPOS, REACTIVOS Y MATERIALES.....	33
D. TOMA DE MUESTRAS.....	35
E. TRANSPORTE Y CONSERVACIÓN.....	35
F. PROCEDIMIENTO.....	36
G. LECTURA.....	37
III. RESULTADOS.....	39
IV. DISCUSIONES.....	49
V. CONCLUSIONES.....	50
VI. RECOMENDACIONES.....	51
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
VIII. ANEXOS.....	58

RESUMEN

Durante el año 2013 se estudió la concentración de plomo en sangre y protoporfirina zinc eritrocitaria en un total de 25 personas que trabajan en las empresas de servicio de fotocopiado del Campus Universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, quienes están expuestos constantemente al tóner de las fotocopadoras.

Los métodos utilizados para la cuantificación de plomo en sangre fue la Espectrofotometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito; protoporfirina zinc eritrocitaria por Espectrofluorometría.

Se realizaron encuestas que revelaron un conocimiento incipiente de la toxicidad del plomo, por lo que se procedió a la realización de charlas informativas de prevención y medidas profilácticas.

Los resultados promedios de plomo en sangre fue de 0,056 $\mu\text{g/dL}$ y de protoporfirina zinc eritrocitaria fue de 31,2 $\mu\text{g/dL}$.

Estos resultados nos indican que el nivel promedio de plumbemia no supera los límites permisibles (20 $\mu\text{g/dL}$). Tampoco los niveles promedio de protoporfirina zinc eritrocitaria superan los límites permisibles (80 $\mu\text{g/dL}$).

Dichos resultados evidencian la necesidad de hacer un seguimiento y control continuo del nivel de plumbemia en un mayor número de población expuesta.

PALABRAS CLAVE: Plomo, plumbemia, protoporfirina zinc eritrocitaria, población expuesta, Espectrofotometría de Absorción Atómica, Espectrofluorometría.

SUMMARY

During the 2013 the lead concentration in the blood and erythrocyte protoporphyrin zinc was studied in a total of 25 people who worked in photocopiers companies at San Marcos National University Campus, who were constantly exposed to fotocopyng machine's toner.

The methods used in order to measure the quantity of lead in the blood were the atomic absorption spectrophotometry by Graphite Furnace, erythrocyte protoporphyrin zinc by Spectrofluorometry.

Surveys came to light an incipient understanding of lead toxicity so we did informative talks on prevention and prophylactic measures.

The average results of blood lead was 0,056 $\mu\text{g/dL}$, and protoporphyrin zinc was 31,2 $\mu\text{g/dL}$.

These results indicate that the average blood lead levels do not exceed the permissible limits (20 $\mu\text{g/dL}$). The protoporphyrin levels don't either (80 $\mu\text{g/dL}$).

These results show the need for continuous monitoring and control of blood lead level in a greater number of exposed populations.

KEY WORDS: lead, blood lead, erythrocyte protoporphyrin zinc, exposed population, atomic absorption spectrophotometry, spectrofluorometry.

INTRODUCCIÓN

El plomo es un metal pesado ubicuo. Actualmente, se halla tanto en el ambiente urbano como rural, sin embargo, las principales exposiciones proceden del ambiente laboral, sin olvidar la importancia toxicológica de las exposiciones domésticas y alimentarias. Los problemas de salud ocupacional causados por plomo suceden principalmente en la metalurgia primaria, secundaria y en minería extractiva, así como en la industria informal de fabricación de acumuladores eléctricos por extracción secundaria de plomo a partir de baterías recicladas.¹

El plomo tiene múltiples aplicaciones en la industria y se utiliza tanto en forma sólida como líquida, generando polvo, humos o vapores, según se realicen unas operaciones u otras. Es imposible hacer una relación exhaustiva de todas las industrias u operaciones que constituyen fuentes de exposición laboral. Según el riesgo de intoxicación, las actividades se pueden clasificar en operaciones de elevado riesgo y de riesgo moderado, tomando en consideración: las características fisicoquímicas del plomo, vías de entrada, intensidad de exposición, duración, etc. Así se puede considerar que las actividades de mayor riesgo son aquellas en las que el plomo metálico o inorgánico es calentado y se forman aerosoles y humos en grandes cantidades.²

Se han realizado estudios en los tóner de las fotocopiadoras, encontrando metales pesados como: plomo, cromo, hierro, cobre, zinc y cadmio. Además se hicieron estudios del impacto del plomo y cromo en los trabajadores expuestos, encontrando elevada concentración de plomo y cromo en sangre, y ligera disminución de la hemoglobina y hematocrito.³

Según la Comisión de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo de Madrid-España, recomienda para evaluar el riesgo integral del plomo en la salud ocupacional, indicadores de exposición y de efecto, siendo los más indicados y

citados por muchos autores: la plumbemia y la protoporfirina zinc eritrocitaria, respectivamente.^{4, 5, 6, 7, 8, 9}

Hay que tener en cuenta que tras la inhalación o ingestión, el plomo absorbido pasa al torrente sanguíneo desde donde se distribuye a los diferentes compartimentos. El 95 % del plomo sanguíneo está unido a los eritrocitos (la vida media del plomo en el compartimento sanguíneo es de 35 días, pero pueden existir grandes variaciones individuales). El segundo compartimento lo constituyen los tejidos blandos (la vida media del plomo en este caso es de 40 días). De entre todos los compartimentos el esqueleto es quien contiene la gran mayoría (80 % a 90 %) del plomo almacenado en el organismo.¹⁰

Además el plomo se acumula en el tejido óseo durante 20 a 30 años. Una parte del plomo depositado a nivel óseo (tejido óseo trabecular) se encuentra en forma inestable, y por tanto fácilmente movilizable en determinadas condiciones (acidosis, decalcificación) y en equilibrio con la sangre. El resto queda almacenado (tejido óseo compacto) y va aumentando progresivamente a medida que continúa la exposición. Tanto los tejidos blandos como la sangre constituyen las unidades de intercambio activo, mientras que el esqueleto constituye la unidad de almacenamiento o de intercambio lento.¹¹

Los trabajadores de estos centros de fotocopiado vienen laborando en promedio 10 años atrás y 10 horas de trabajo al día, teniendo en cuenta que ellos mismos cambian el tóner cada semana en promedio sin ninguna precaución ni cuidado, y en muchos de los casos no están informados sobre los daños que les puede ocasionar el tóner de las fotocopadoras, no sólo por el plomo sino también por otros metales pesados que pudieran estar en la composición del tóner.³

Este fue el motivo de realizar el presente trabajo de investigación con el objetivo de determinar el nivel de intoxicación por plomo que tienen estos trabajadores

expuestos accidentalmente, aportando así datos preliminares y útiles para realizar estudios epidemiológicos en el futuro.

La presente investigación se realizó durante el año 2013 en 25 personas que trabajan en empresas de servicio de fotocopiado dentro del Campus Universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

La determinación de la protoporfirina zinc eritrocitaria se realizará por espectrofluorimetría ^{12,13} y se utilizara un hematofluorómetro. ^{14, 15} El Plomo sanguíneo se analizará por espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito. ^{16, 17}

HIPÓTESIS

Los trabajadores de las empresas de servicio de fotocopiado del Campus Universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos tienen una concentración de plomo en sangre y protoporfirina zinc eritrocitaria mayor que las concentraciones máximas permisibles.

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Determinar la presencia de plomo en sangre y la protoporfirina zinc eritrocitaria en los trabajadores de empresas de servicios de fotocopiado que funcionan en el Campus Universitario de la UNMSM.

Objetivos Específicos:

- a. Determinar la concentración de plomo en sangre en los trabajadores de empresas de servicio de fotocopiado que funcionan en el Campus Universitario de la UNMSM.
- b. Comparar la concentración de plomo en sangre con los valores normales permisibles.
- c. Determinar la concentración de protoporfirina zinc eritrocitaria en los trabajadores de empresas de servicios de fotocopiado que funcionan en el Campus Universitario de la UNMSM.
- d. Comparar la concentración de protoporfirina zinc eritrocitaria con los valores normales permisibles.
- e. Correlacionar los valores de concentración de plomo en sangre con los valores de protoporfirina zinc eritrocitaria en los trabajadores de empresas de servicios de fotocopiado que funcionan en el Campus Universitario de la UNMSM.

I MARCO TEÓRICO

PLOMO

1. GENERALIDADES

El plomo (número atómico 82; peso atómico 207,19; gravedad específica 11,34) es un metal blando de color gris azulado o plateado. Su temperatura de fusión es 327,5 °C y su temperatura de ebullición a la presión atmosférica es 1 740 °C.¹⁸

En condiciones apropiadas de síntesis, se forman compuestos estables en las cuales el plomo está directamente ligado a un átomo de carbono.

El tetraetilo y el tetrametilo de plomo son compuestos orgánicos muy conocidos de este metal. Tienen gran importancia debido a su amplia utilización como aditivos combustibles, ambos son líquidos incoloros de una volatilidad inferior a la de la mayoría de los componentes de la gasolina. El punto de ebullición del tetrametilo de plomo es 110 °C y el del tetraetilo 200 °C.

Tanto el tetrametilo como el tetraetilo de plomo se descomponen a la temperatura de ebullición o a una temperatura algo inferior.

El análisis de los gases de escape de automotores pone de manifiesto que la proporción de tetrametilo respecto del tetraetilo aumenta a medida que se calienta el motor, lo cual muestra que el tetrametilo es más termoestable que el tetraetilo.

Asimismo, estos compuestos se descomponen por la acción de la luz ultravioleta y de microelementos químicos presentes en el aire como halógenos, ácidos o agentes oxidantes.¹⁸

2. LÍMITES DE EXPOSICIÓN

La Organización Mundial de la Salud considera en adultos, como límite aceptable de plomo en sangre hasta 40 µg/dL, inaceptable de 41 µg/dL a 60 µg/dL y peligroso cuando rebasa los 60 µg/dL de sangre.¹⁹

3. FUENTES DE EXPOSICIÓN

El plomo es un componente normal de la corteza terrestre y se encuentra ampliamente distribuido a lo largo de la naturaleza.

Distinguimos cuatro fuentes de exposición:

3.1 Exposición en el medio Industrial

En la industria se usa tanto el plomo como metal o como sus compuestos orgánicos e inorgánicos.

La intoxicación por plomo metal o por sus compuestos inorgánicos (monóxido de plomo, trióxido de plomo, carbonato de plomo) se produce con más frecuencia en las industrias que se dedican a fundir, soldar, pulir plomo, o sus aleaciones. También en la fundición de baterías, el templeado de cables de acero y en aquellas industrias que utilizan pigmentos, antioxidantes, esmaltes para cerámica y vidrio, etc.

Las fuentes más importantes de plomo orgánico (el tetraetilo o el naftenato de plomo) son algunos aceites lubricantes (con naftenato) sobre todo las gasolinas, en cuya composición forman parte el tetraetilo y el tetrametilo como antidetonantes.

Las industrias que presentan mayor riesgo por la presencia del plomo en orden de prioridad son:

- Antidetonantes para gasolina.
- Baterías.
- Coberturas de cables.
- Construcción (cañerías, tuberías y otros).
- Imprenta.
- Pigmentos para pinturas.
- Tuberías de plomo.
- Vidriado en alfarería.²⁰

3.2 Exposición alimentaria

Se han detectados tetraalquilos de plomo en bacalao, langosta, macarela y productos de platija canadienses en concentraciones que variaron desde 0,01 ppm hasta 4,79 ppm. También se detectó tetrametilo de plomo en 1 de 50 muestras de peces analizadas de aguas canadienses; la concentración en los filetes fue de 0,26 µg/g.²¹

3.3 Exposición en el medio doméstico

Puede ocurrir por el uso de compuestos de plomo inorgánico, especialmente la pintura o los esmaltes para la alfarería

doméstica, pero sobre todo se respiran partículas de plomo provenientes del polvo de la casa.

Por la gran variedad de usos que se hace del plomo suelen existir en el ambiente otras variadas formas de exposición. Una fuente importante principalmente para los niños pueden ser las pinturas de las paredes de las casas.^{23, 24}

3.4 Exposición ambiental

El mecanismo primario a través del cual se producen ésta exposición lo constituye la emisión hacia el aire del metal o sus compuestos donde puede ser inhalado y absorbido por el organismo.

La principal utilización dispersiva y no recuperable del plomo corresponde a la fabricación y uso de derivados alquílicos del plomo que se agregan al combustible. Otra fuente importante es la fundición primaria del metal.

No se sabe mucho sobre la forma química predominante pero se ha determinado la presencia de haluros, óxidos, sulfatos y carbonatos de plomo. El aire representa para un habitante urbano en promedio un aporte de 6 µg a 9 µg de plomo diario en su organismo.²²

El agua se transforma en fuente de contaminación para la flora y fauna acuáticas y para el hombre en la medida que sea contaminada por actividades realizadas por el hombre. Las concentraciones en el agua potable antes de su distribución son más bajas debido a que el plomo es removido en las plantas de

tratamiento pero podrían aumentar cuando se contaminan por las tuberías. La exposición al plomo a través del agua es mínima debido a que forma compuestos insolubles del tipo carbonatos y sulfatos. El consumo humano de agua sobre la base de 2 litros diarios puede significar un aporte habitual de plomo al organismo humano variable de 0,01 mg a 1 mg de plomo o más al día.²²

El suelo es contaminado principalmente por los depósitos de partículas de aire y por contaminantes proveniente de actividades industriales.

Si bien la mayor fuente de plomo ingerido son los alimentos, el 90 % es eliminado por las heces; de este modo la importancia de la ingestión de plomo es significativa sólo cuando existe un muy alto índice de contaminación ambiental que repercute en los alimentos.

Otra fuente de plomo anteriormente mencionada es el vidriado en alfarería (esmaltado con plomo) producido a nivel artesanal, que al no ser sometido a la temperatura necesaria no fija adecuadamente el plomo, por lo que se libera al contacto con los alimentos ácidos.

Todos los miembros de la población en general están expuestos a las fuentes de emisión de plomo en mayor o menor extensión.¹⁸

4. TOXICOCINÉTICA

4.1 Absorción, Distribución, Metabolismo y Eliminación

Las principales vías de absorción del plomo son el tracto gastrointestinal y el aparato respiratorio. En general, es

insignificante la cantidad de plomo que penetra por la piel; sin embargo, cuando el plomo esta bajo forma de compuestos de alquilatos (como tetraetilo de plomo), la piel puede absorberlo fácilmente.¹⁸

Una vez que las partículas de plomo se depositan en el tracto respiratorio bajo, son absorbidas rápida y completamente. La tasa de deposición varía de acuerdo con el tamaño de la partícula y con la velocidad de ventilación; en principio, los adultos absorben entre 30 % y 50 % del plomo.^{18, 24}

El plomo inorgánico se absorbe por la vía respiratoria y la digestiva. Los compuestos orgánicos se absorben además, vía cutánea. Generalmente, la absorción gastrointestinal está en torno al 10 % de la dosis ingerida, pero en niños puede llegar al 50 % y la absorción intestinal aumenta cuando hay deficiencia de calcio, hierro, potasio y zinc.¹⁸ La absorción pulmonar varía con la dimensión de las partículas y volumen corriente respiratorio. Las partículas menores que 1 μm pueden absorberse si llegan al alveolo.

Dado que la capacidad de excreción de plomo es limitada, se calcula que con una dosis superior a 100 $\mu\text{g/dL}$, se puede producir un acumulo continuo de plomo. Sin embargo, para que se lleguen a producir síntomas, el acumulo debe ser mayor, y se han de ingerir 500 μg o más cada día de plomo.

El plomo en sangre es el marcador biológico más comúnmente utilizado para evaluar la exposición a plomo. Aproximadamente el 3 % de la carga total de plomo en el organismo circula en la sangre. Dentro del aparato circulatorio, la mayoría del plomo

(cerca del 50 %) se asocia con la hemoglobina y solo una pequeña fracción variable (dependiendo de una relación no lineal con respecto al nivel total de plomo en sangre), queda libre en el plasma. Se considera que esta fracción de plomo biológicamente activa (que puede cruzar las barreras placentarias y hematoencefálica) es la que contribuye a la intoxicación inmediata.¹⁸ El plomo pasa a través de la placenta con facilidad y la sangre fetal contiene casi la misma concentración de plomo que la sangre materna, impactando de manera desfavorable sobre la maduración neurológica del feto o más adelante durante la lactancia. También traspasa la barrera cerebral, pero el cerebro no acumula plomo de manera significativa.²²

El plomo en sangre tiene la vida media más corta, calculada entre 28 a 36 días y después le sigue el plomo en los tejidos blandos (46 días) y en hueso (20 a más años).

Los estudios realizados en autopsias indican que el plomo se acumula en el hueso durante toda la vida.¹⁸

En estudios post mórtem se ha encontrado que la concentración de plomo en el esqueleto aumenta con la edad, de hecho casi 90% de la carga corporal total está en los huesos. A un cálculo similar llegaron *Schroeder y Tipton (1968)*, *Horiuchi y Utsunomiya (1973)*. Estos informes recientes reafirman la afinidad ósea del plomo y permiten, además, comprobar que la concentración de plomo en los huesos aumenta con la edad, lo contrario ocurre en los tejidos blandos. Así pues, el esqueleto es un depósito de plomo que refleja la exposición humana acumulativa a largo plazo, en tanto que los líquidos orgánicos y los tejidos blandos se

equilibran con bastante celeridad, en consecuencia reflejan la exposición actual y reciente.¹⁸

Una vez absorbido, el plomo circula en sangre periférica, transportado por los hematíes en un 95 %. Se distribuye con lentitud y se deposita en un 90 % en los huesos, donde es relativamente inactivo. El 10 % restante se distribuye por otros órganos, especialmente cerebro, hígado y riñones.

Entre el 50 % y 60 % de la fracción de plomo absorbida se excreta en los siguientes quince días .La excreción se da fundamentalmente a través de la orina y, en menor cantidad, por la bilis y por la exfoliación del tejido epitelial.¹⁸

No se conoce bien el mecanismo de la excreción urinaria del plomo en el hombre. Sin embargo, los estudios de *Vostal (1966)* contienen sólidas pruebas de que el proceso de eliminación renal del plomo es esencialmente por filtración glomerular como se muestra en la **Figura 1.**¹⁸

5. TOXICODINAMIA

Para poder comprender el problema que implica la intoxicación por plomo en adultos, es necesario tomar en cuenta los factores específicos que predisponen o que agravan los efectos del plomo.

A continuación se enumeran algunos:

- La concentración y el tipo de plomo (plomo inorgánico o alquilo de plomo) en la fuente de exposición.
- El tiempo de exposición.
- La vía de entrada al organismo del adulto.
- La condición nutricional y el estado de salud previo del sujeto.
- La edad del sujeto expuesto.
- Los hábitos y comportamientos del sujeto con respecto a su salud (por ejemplo, fumar en un ambiente contaminado).
- La raza y el sexo a los que pertenece el sujeto expuesto.

La combinación de los anteriores factores incidirá en la susceptibilidad del individuo expuesto; así como en la naturaleza y el alcance de su padecimiento. ¹⁸

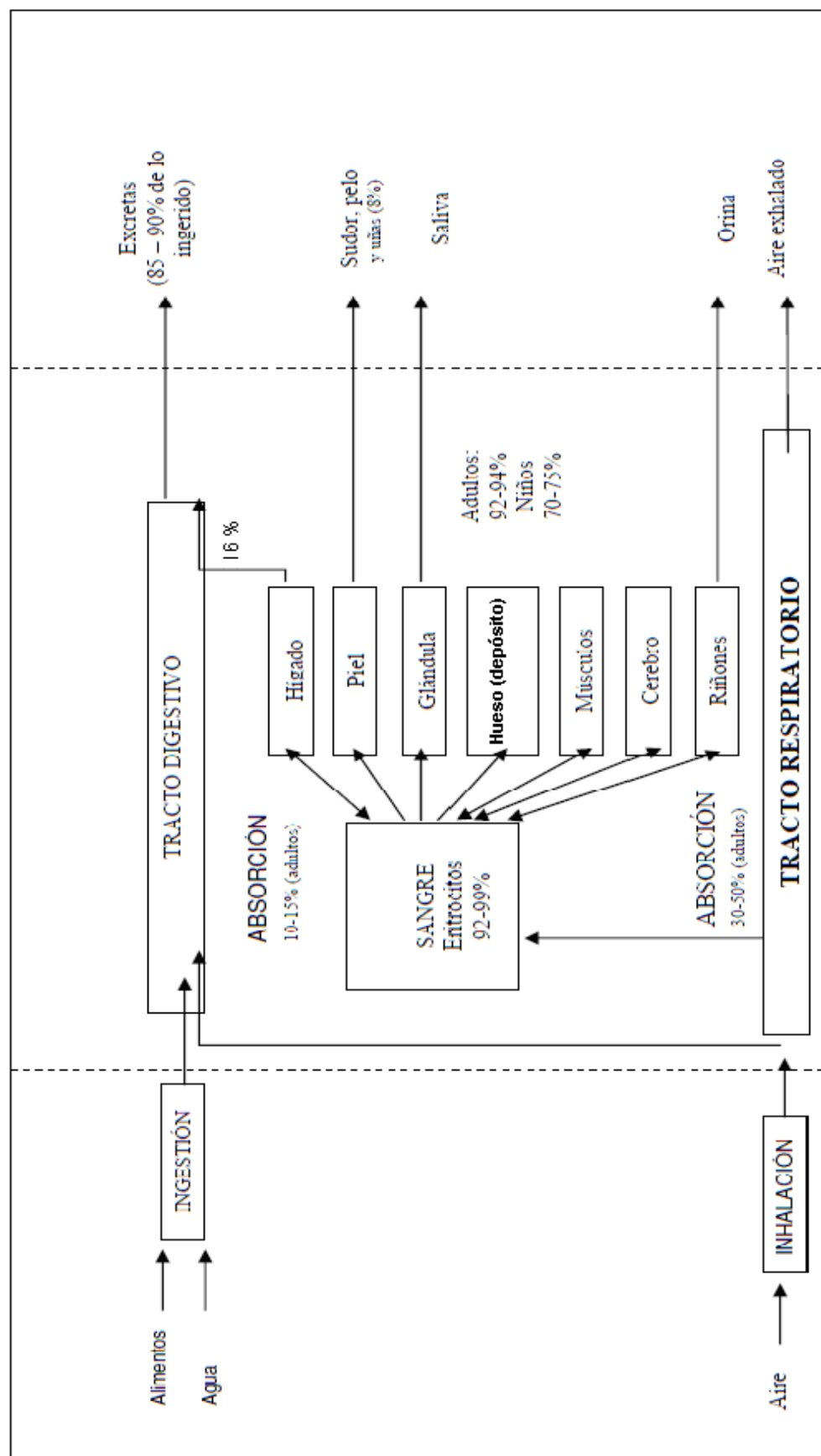


Figura 1. Vías de Absorción, Distribución y Eliminación del Plomo en el Organismo Humano
Fuente: COREY, G., GALVAO, L. Plomo. Serie Vigilancia 8. OPS/OMS.

El saturnismo es un cuadro muy cambiante que puede pasar desapercibido durante años. Se distingue un cuadro agudo, muy raro, y un cuadro crónico, con una fase subclínica y una fase clínica. A su vez la presentación difiere algo entre el adulto y el niño.²⁵

La ingesta aguda es excepcional pero posible; produce vómitos, dolores abdominales y diarrea, pudiendo observarse hemólisis, citólisis hepática y afectación tubular renal. En casos graves puede producirse depresión del Sistema Nervioso Central y el paciente puede fallecer en pocos días. En la intoxicación crónica hay una fase subclínica o de impregnación, en la cual el paciente se encuentra asintomático, pero puede tener alteraciones biológicas si los niveles de plomo en sangre están entre 35 µg/dL a 60 µg/dL. Esta forma es especialmente importante en niños, ya que sus tejidos, en fase de crecimiento, se van impregnando de plomo, y a nivel del Sistema Nervioso Central se van produciendo déficit (retraso mental, alteraciones del lenguaje, del comportamiento, etc.).

Estas secuelas son definitivas. En esta fase se puede observar el depósito gris azulado de sulfuro de plomo en el borde libre de las encías, que se conoce como ribete de Burton.

La fase clínica se caracteriza inicialmente por astenia, debilidad, mialgias e irritabilidad. En sangre hay niveles de plomo de 70 µg/dL a 90 µg/dL y suele aparecer anemia normocítica y ligeramente hipocrómica, acompañada de sideroblastosis, reticulocitosis e hipersideremia.

Como signos digestivos el paciente tiene anorexia, estreñimiento y en casos graves, dolores abdominales (cólico saturnino) y vómitos alimentarios. Es relativamente frecuente el hallazgo de alteraciones biológicas hepáticas.

Desde el punto de vista neurológico hay alteraciones en el Sistema Nervioso Central, en forma de irritabilidad, alteraciones de la memoria, dificultades de concentración y cefaleas, que puede evolucionar con signos de hipertensión endocraneal, convulsiones, coma y eventualmente la muerte. También hay alteraciones de los nervios periféricos, polineuropatías de predominio motor y en extremidades superiores de las cuales la más significativa es la parálisis radial.

Las lesiones renales no son específicas. Hay atrofia y pérdida de túbulos que se asocia a fibrosis intersticial. Los glomérulos pueden mostrar esclerosis focal o global. Cuando las lesiones renales se hallan muy evolucionadas puede aparecer insuficiencia renal, hipertensión arterial, hiperuricemia y gota.

La forma clínica del niño tiene una preponderancia de síntomas neurológicos, junto con anemia y dolor abdominal. En la forma del adulto predominan, junto a los dolores abdominales y la anemia, la afectación renal y la polineuropatía periférica.

Los derivados orgánicos tienen afinidad prioritaria por el Sistema Nervioso Central y causan cefalea, insomnio, síndrome maniaco-depresivo, agitación y en casos graves, convulsiones, coma y muerte. Producen, además, una dermatitis irritativa y, si la exposición ha sido intensa y prolongada, afectación hepática, renal y muscular. No suele haber anemia ni alteraciones en las

porfirinas, y los niveles de plomo en sangre y orina son relativamente bajos.²⁶

5.1 Mecanismo de Acción

El mecanismo de intoxicación del plomo está dado por tres modalidades:

- a) Compite con los metales esenciales, especialmente con el calcio y con el zinc.
- b) Mediante su afinidad por los grupos sulfhidrilos, afectando sistemas enzimáticos.
- c) Altera el transporte de iones esenciales.

El mecanismo de los efectos del plomo en el Sistema Nervioso Central no está muy claro pero involucra interacciones del plomo como sistemas de transporte intracelulares mediadores de calcio y con la neurotransmisión.¹⁸

El plomo se combina con grupos sulfhidrilos de las proteínas. Interfiere también con el transporte de calcio divalente, con la síntesis y liberación de algunos neurotransmisores y con la activación de la proteincinasa C.

En concentración alta el plomo altera la estructura terciaria de las proteínas celulares, las desnaturaliza y ocasiona inflamación y muerte celular.

Una de las acciones tóxicas más importantes del plomo es la inhibición de la síntesis del grupo Hem de la hemoglobina y de los citocromos.

El plomo inhibe la enzima δ -aminolevulínico deshidratasa (ALA-D), que debe convertir el ácido δ -aminolevulínico (ALA) en porfobilinógeno; también inhibe la ferroquelatasa, que cataliza la inserción del hierro de la ferritina en el anillo de la protoporfirina, para formar el grupo Hem.

Consecuencia de todo ello se produce una disminución de la producción de hematíes y un acortamiento de su vida media. El nivel de impregnación medular de plomo puede, medirse a través de la excreción urinaria de ALA y Coproporfirina III.

El plomo tiene una acción constrictora sobre la fibra muscular lisa (provoca espasmos intestinales). También puede provocar lesiones encefálicas difusas, efectos desmielinizantes sobre los nervios periféricos, afectación renal, produce hepatopatía, miocarditis, disminución de la espermatogénesis y trastornos menstruales, entre otros.²⁷

5.2 Cuadro Clínico

Los efectos tóxicos que el plomo produce en el organismo humano son diversos y de cierta gravedad, si el nivel de intoxicación es elevado como se muestra en la **Tabla 1**.²⁸

Tabla 1:

Principales efectos adversos en adultos en condiciones de exposición estable a largo plazo al plomo según las concentraciones sanguíneas alcanzadas.

µg Pb/dL de sangre	Efecto adverso que puede aparecer a la concentración de plomo señalada
10	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibición de la actividad de la enzima ALA-D.
15-20	<ul style="list-style-type: none"> • Elevación de protoporfirina eritrocitaria en mujeres.
20-30	<ul style="list-style-type: none"> • Elevación de protoporfirina eritrocitaria en hombres.
30	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución en la conducción de nervios periféricos. • Respuestas electrofisiológicas alteradas en el Sistema Nervioso Central. • Elevación de la presión arterial en hombres mayores de 40 años.
40	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del ALA en suero y de ALA en orina. • Aumento de las Coproporfirina III en orina. • Marcado aumento de la protoporfirina eritrocitaria. • Disfunción nerviosa periférica. • Alteración de función visual-motriz (coordinación ojo-mano). • Alteraciones psicosensores (sueño, estado de ánimo, memoria, atención). • Nefropatía. • Síntomas gastrointestinales. • Alteraciones espermáticas.
50	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución en la producción de hemoglobina. • Alteraciones morfológicas de los eritrocitos. • Parestesias (hormigueo y adormecimiento) en miembros superiores. • Debilidad en miembros inferiores. • Fatiga, olvido, distracción. • Encefalopatía. • Alteración de la función testicular.
60	<ul style="list-style-type: none"> • Acortamiento en la vida de hematíes. • Aumento exponencial de protoporfirina eritrocitaria. • Efectos reproductivos en la mujer. • Alteraciones patológicas del electromiograma.
80	<ul style="list-style-type: none"> • Anemia franca.
100	<ul style="list-style-type: none"> • Encefalopatía grave. • Neuropatía crónica.

ALA-D: Enzima delaminolevulinicodeshidratasa; ALA: ácido deltaaminolevulinico.

Fuente: Bach. Cedano K, Requena L (2007). "Estudio toxicológico de los niveles de concentración de Cadmio, Manganeso y Plomo, en sangre y/u orina en personas expuestas en las Avs. Abancay y Alfonso Ugarte de la ciudad de Lima. p.71. Perú.

Efectos Hematopoyéticos

En el Sistema Hematopoyético el plomo produce el siguiente efecto:

- a) Alteración de la síntesis de la hemoglobina.
- b) Alteración en los precursores de los glóbulos rojos.
- c) Acción sobre los hematíes circulantes, produciendo una anemia moderada normocrómica o hiperocrómica.²¹

Efectos neurológicos en el Sistema Nervioso Central y Periférico

Es la manifestación más seria de envenenamiento por plomo, y es mucho más común en niños que en adultos. Las primeras claves del desarrollo del síndrome pueden ser torpeza, vértigo, ataxia, cefalea, insomnio, inquietud e irritabilidad.

En otros estudios también agregan al bajo coeficiente intelectual, el deterioro de la memoria, tiempo de reacción, además de incapacidad de concentración.²¹

La encefalopatía aguda sobreviene cuando las concentraciones de plomo en sangre exceden los 100 µg/dL. Las encefalopatías crónicas asociadas a niveles más bajos de exposición a plomo se caracterizan por cambios en la actividad mental y en la función cognitiva, hiperirritabilidad, disociaciones, depresión y cefaleas; los niveles de plomo en sangre, más altos se han asociado a vértigo, ataxia, convulsiones, vómito explosivo y estupor. Entre las

secuelas graves están, la disfunción mental, la epilepsia, los trastornos neuroconductuales, el estado de coma y muerte.²⁹

En las víctimas de intoxicación por plomo a menudo se ha encontrado comprometida la función del nervio radial y nervio fibular.

Asimismo se han descrito estados subclínicos en adultos asintomático con niveles de plomo entre 80 µg/dL a 120 µg/dL y que se han caracterizado por disminución en la velocidad de la conducción nerviosa, fibrilación muscular y pérdida de neuronas motoras.¹⁸

Es importante agregar que una vez efectuado el tratamiento quelante de una intoxicación son síndrome neurológico, habitualmente los niños quedan con secuelas.

Daños renales.- Los daños renales graves incluyen pérdida irreversible de la función renal, daño a los túbulos proximales, que ocasionan el Síndrome de Fanconi manifestado a través de aminoaciduria, glucosuria y fosfaturia.

La exposición a plomo elevada, continua y prolongada da como resultado efectos crónicos e irreversibles asociados a fibrosis intersticial progresiva que puede llevar a daño renal, caracterizado por fibrosis intersticial, esclerosis de los vasos, atrofia glomerular reducida y azotemia (elevación de compuestos nitrogenados en la sangre).¹⁸

Daños gastrointestinales.- En los casos de exposición ocupacional o en los de intoxicación aguda, el cólico es un síntoma temprano y consistente.

En los niveles de plomo sanguíneo cercanos a los 80 µg/dL aparecen síntomas iniciales inespecíficos que incluyen dispepsia, anorexia, epigastritis postprandial, constipación, cólicos y náusea.

Los síntomas gastrointestinales se agravan cuando los niveles de plomo en sangre alcanzan los 100 µg/dL o más y pueden incluir cólico abdominal severo y constipación. Los síntomas graves aparecen cuando los niveles de plomo sanguíneo son de 150 µg/dL o más y pueden incluir el “cólico plúmbico” (espasmos abdominales severos similares al dolor abdominal agudo que requiere cirugía) y daño hepático.²⁹

Daños en el esqueleto.- La formación del trifosfato de plomo liga el metal al hueso. La acumulación “oculta” se libera durante la desmineralización ósea en los procesos metabólicos normales del envejecimiento y del embarazo. La liberación del plomo “oculto”, durante el embarazo y la lactancia es particularmente preocupante dados los riesgos que esto implica para el feto o para el infante.²⁹

Daños en el aparato reproductivo.- En gran cantidad de informes se indica que los niveles de exposición elevados se asocian a problemas de esterilidad en hombres e infertilidad en mujeres. En diversos estudios se ha notificado un número creciente de abortos, mortinatos, niños con bajo peso al nacer y otras anomalías asociadas a las exposiciones elevadas en la industria.¹⁸

Efectos carcinogénicos y genotóxicos.- Entre los efectos asociados a la exposición a plomo, están los carcinogénicos y los genotóxicos. Los datos indican que la exposición al plomo orgánico puede ocasionar modificaciones en los cromosomas linfocitarios.

Con respecto a los efectos carcinogénicos, se sabe que los productos a base de plomo, incluyendo los acetatos de plomo y fosfato de plomo, ocasionan cáncer renal en animales de laboratorio, pero esto aún no se ha comprobado en humanos.¹⁸

6. DIAGNÓSTICO

6.1 Reconocimiento Médicos

Para diagnosticar correctamente a un sujeto con intoxicación por plomo son necesarios: el entrenamiento clínico adecuado; la elaboración de una historia clínica completa desde el punto de vista ocupacional y ambiental; los laboratorios con instalaciones que permitan determinar la existencia de plomo; y los profesionales de la salud conscientes del problema.³⁰

6.1.1 Reconocimiento de ingreso

Debe incluir los antecedentes médicos y una exploración física, que comprenda en especial los sistemas hematopoyético, nervioso y renal. También se debe medir la hemoglobina de la sangre.

6.1.2 Reconocimiento periódico

Es habitual efectuarlo anualmente. Se debe examinar a los trabajadores en función de los signos y síntomas clínicos bien

conocidos de exposición al plomo habrá que realizar pruebas de laboratorio que midan la absorción excesiva de plomo y otras que confirmen la acción toxica del metal.

La Organización Mundial de la Salud ha establecido en los países industrializados; plomo normal en sangre promedio 17 µg/dL sobre un rango de 15 µg/dL hasta 40 µg/dL y plomo normal en orina promedio 35 µg/dL sobre un rango de 20 µg/dL hasta 65 µg/dL.

Por esto en 1986 la Organización Panamericana de la Salud establece que el efecto precoz se inicia por arriba de los 40 µg/dL de plomo en sangre, la intoxicación con efectos reversibles en los 50 µg/dL y las secuelas clínicas cuando rebasa los 100 µg/dL, aclarándose que existe un amplio margen en la respuesta individual.

En el Perú, en el año 1993, el Instituto Nacional de Salud Ocupacional encontró valores normales de personas no expuestas ocupacionalmente desde 0 µg/dL a 30 µg/dL de plomo en sangre.

6.2 PRUEBAS CLÍNICAS

6.2.1 En Orina

- Plomo (Pb-U)
- Ácido d-Aminolevulinico (ALA-U)
- Coproporfirina (CP-U)

6.2.2 En Sangre

- ALA-Dehidratasa (ALA-D)
- Protoporfirina Zinc eritrocítica (PPZ)
- Plumbemia (PbB)

7. TRATAMIENTO

En caso de ingesta oral reciente habrá que tomar medidas de descontaminación digestiva habituales (vaciado gástrico, carbón, catártico, etc.). La mayoría de los casos la intoxicación es crónica y el tratamiento se basa en retirar al paciente de la fuente de tóxico.

En las intoxicaciones por plomo metal o sus compuestos inorgánicos debe decidirse si se aplica tratamiento quelante con el ácido etilendiaminotetracético calcio disódico (EDTA-Ca), d-penicilamina o dimercaprol (BAL). Los quelantes forman complejos inertes y estables con el plomo, que son excretados por la orina.

En las intoxicaciones agudas o en las agudizaciones de intoxicaciones crónicas, en las que el enfermo esté sintomático, con signos de toxicidad biológica o con plumbemia superior a 70 µg/dL debe instaurarse tratamiento quelante. El EDTA-Ca es el quelante de elección.

La terapéutica de EDTA-Ca se realiza con 50 mg/kg/día (máximo 2 g/día en el adulto), fraccionados en dos dosis que se disuelven en 500 mL de suero fisiológico inyectados por vía intravenosa en 6 horas. El tratamiento se repite durante 5 días. Luego se descansan 48 horas y se repite otras dosis de 5 días, si el enfermo sigue sintomático o la plumbemia es superior a 50 µg/dL.

Este tratamiento moviliza grandes cantidades de plomo que pueden producir encefalopatía, por ello es conveniente utilizar (al menos en las formas más graves) BAL: 2,5 mg/kg en niños y 4 mg/kg en adultos intramuscular que se administra unas 4 horas antes de la infusión del EDTA-Ca.

Para las intoxicaciones muy graves (encefalopatía grave) se administran dos quelantes: hasta 80 mg/kg/día de EDTA (máximo 2 g/día) combinado con BAL, 200 mg/kg cada 4 horas por vía intramuscular, durante 5 días.

En casos de pocos síntomas y con niveles de plumbemias menores de 60 µg/dL, se puede usar la prueba de la plumburia provocada por EDTA-Ca, para saber si el plomo es quelable y, si resulta positiva, se administra una dosis de EDTA-Ca. En intoxicaciones crónicas con plumbemias inferiores a 50 µg/dL o en las intoxicaciones agudas, tras haber completado el tratamiento con EDTA-Ca, puede utilizarse la d-penicilamina oral. La dosis de d-penicilamina es de 20 - 40 mg/kg/día (máximo 2 g/día) repartidos en 4 tomas vía oral hasta que la plumbemia sea inferior a 40 µg/dL o la plumburia inferior a 100 µg/24h. Este fármaco no se puede usar en alérgicos a la penicilina.

Los efectos secundarios de estos fármacos a las dosis recomendadas son escasos. Lo fundamental para evitar la toxicidad por EDTA es asegurar una diuresis abundante. Para ello se administrará la sueroterapia oportuna, con las precauciones hemodinámicas habituales. Las manifestaciones adversas del BAL (nauseas, vómitos, salivación, etc.) se pueden reducir, caso de aparecer, con la administración previa de algún antihistamínico.

Recientemente la *Food and Drug Administration* ha autorizado el uso del Succimer (DMSA o ácido dimercaptosuccínico), para el tratamiento de niños con niveles de plomo mayores de 45 µg/dL. Se trata de un preparado

hidrosoluble derivado del BAL, que se puede administrar por vía oral, y es menos tóxico. La dosis recomendada es de 30 mg/kg/día repartido en tres dosis, durante 5 días.

Los efectos adversos producidos por el medicamento incluyen vómitos y elevación transitoria de las enzimas hepáticas. Este producto no está aún disponible en nuestro país, aunque se perfila como un quelante oral de primera línea para un futuro inmediato.¹⁸

No se ha demostrado que los quelantes sean útiles en la intoxicación por compuestos orgánicos de plomo. Tampoco se recomienda el uso de quelantes durante el embarazo, salvo, tal vez en casos de muerte inminente, por los desastrosos efectos de los quelantes sobre el feto.

PROTOPORFIRINA ZINC ERITROCITARIA

1. GENERALIDADES

El descubrimiento de que la protoporfirina eritrocitaria no estuviera libre sino unida al zinc, revolucionó los métodos de determinación de este parámetro. La elevación de la concentración de protoporfirina zinc eritrocitaria (PPZ) en la impregnación plúmbica está asociada a una ligera elevación del hierro sérico (**Figura 2**).

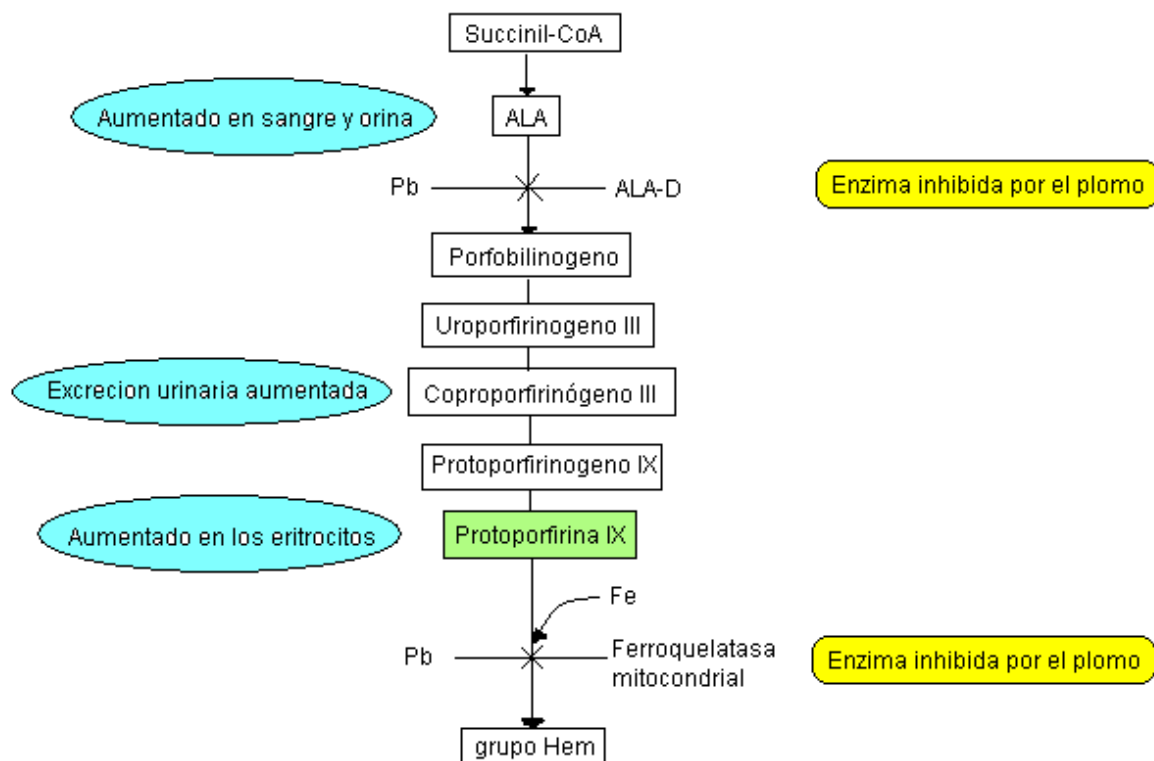


Figura 2. Efectos del plomo en la biosíntesis de la Hemoglobina

ALA: ácido aminolevulinico; ALA-D: enzima aminolevulinicodehidratasa; Pb. plomo; Fe: hierro.

Fuente: Padilla A., Rodriguez N., Martinez A. Comisión de Salud Pública. Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud. Ministerio de Sanidad y Consumo. p. 23. 1999.

En exposición constante, la protoporfirina zinc eritrocitaria (PPZ) comienza a aumentar cuando el nivel de plomo en sangre es de 35 µg/dL a 40 µg/dL. En las mujeres el aumento comienza a concentraciones más bajas (plumbemia de 25 µg/dL a 35 µg/dL).³¹

A pesar de que la correlación entre protoporfirina zinc eritrocitaria y plomo en sangre ha sido suficientemente demostrada hay que tener en cuenta el factor tiempo a la hora de relacionar estos dos parámetros. Por ejemplo, un cambio de tareas o de procedimientos en el trabajo o cambios a áreas de mayor o menor exposición, se reflejarán casi inmediatamente en la plumbemia, mientras que el cambio en la protoporfirina zinc tardará en producirse. La relación entre plumbemia y protoporfirina zinc eritrocitaria puede verse afectada también por la exactitud y precisión de los métodos de medida.³²

La protoporfirina acumulada en los eritrocitos queda en su interior durante toda la vida de los mismos en el caso de exposición al plomo.³³ La protoporfirina zinc permite una predicción aproximada de la cantidad de plomo quelable.³¹ La normalización de este parámetro tras cesar la exposición, es más lenta que la del plomo en sangre e incluso que la del ácido aminolevulínico en orina.

2. VALORES NORMALES

La protoporfirina zinc eritrocitaria es un parámetro revelador de la carga corporal en cuanto que evalúa el daño metabólico producido por el plomo acumulado en el organismo. En este sentido permite valorar la exposición anterior al plomo.

Igual que en el caso de la plumbemia, debe establecerse el nivel base de protoporfirina zinc eritrocitaria de cada trabajador nuevo antes de la

exposición al plomo ^{34, 35} con el objeto de evaluar la sensibilidad individual al plomo. ³⁶

Las situaciones que podrían modificar los niveles de protoporfirina zinc, como la ferropenia o las alteraciones hepáticas, deben ser monitorizadas previamente al análisis.

Los valores normales están entre 10 µg/dL hasta 80 µg/dL, se consideran valores críticos por encima de 100 µg/dL según parámetros manejados por el laboratorio Roe.

3. DIAGNÓSTICO

La sensibilidad y especificidad de este test son suficientes como para proponerlo como método de vigilancia de los trabajadores expuestos al plomo. ¹¹ Por la facilidad de la determinación actual de la protoporfirina zinc, así como por el hecho de poder determinarse tanto en sangre capilar como venosa, es el parámetro actualmente indicado para la valoración precoz del daño biológico del plomo sobre los trabajadores expuestos.

Puede medirse tanto en mg/100 mL de sangre como en mg/g Hb. El método de medida es la Espectrofluorimetría. La muestra debe conservarse en lugar oscuro y refrigerado.

II PARTE EXPERIMENTAL

A. FUNDAMENTO

1. ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA POR HORNO DE GRAFITO

Este método se basa en el hecho de que los átomos de un elemento pueden absorber radiaciones a longitudes de ondas características y diferentes para cada elemento. Con el objeto de que los átomos estén en condiciones de absorber las radiaciones es indispensable que estén liberados de sus enlaces químicos y en su mínimo estado de energía “estado fundamental”. Esta condición se puede conseguir mediante la atomización de la muestra para cuyo fin la energía requerida es obtenida aplicando una diferencia de potencial eléctrico a través de un tubo de grafito dentro del cual se ha colocado la muestra. Este horno está alineado en el área de muestreo del espectrofotómetro en forma tal que la luz de la lámpara espectral pasará por el centro del tubo de grafito.

El vapor atómico generado por la muestra cuando el horno está encendido absorberá entonces luz de la lámpara, como consecuencia de ésta absorción se produce una señal en forma de pico conforme se eleva la concentración en el horno, que luego cae conforme los átomos se difunden fuera del horno; la altura de pico se usa para la cuantificación del metal en la muestra.^{23, 24}

2. ESPECTROFLUOROMETRÍA

La Espectrofluorimetría se basa en el hecho de que cuando se incide un haz de luz de determinada longitud de onda sobre una molécula, sus electrones son excitados, pasando al orbital superior y cuando estos regresan a su órbita original (estado basal) lo hacen emitiendo luz de mayor longitud de onda que la que se usó para excitarlos; a este fenómeno se le llama fluorescencia y a su medición fluorimetría.

La fluorimetría está entre el espectro ultravioleta y espectro Visible, esto es, entre 200 a 700 nanómetros, por lo tanto los componentes pueden fluorescer a una o varias longitudes de onda.

Se dice que no hay dos compuestos iguales, es decir, que emitan fluorescencia a la misma longitud de onda, tanto de excitación como de emisión, por lo tanto cada espectro se diferenciara uno del otro, sirviendo esto para identificarlos plenamente, como si fuera una huella digital.

B. SELECCIÓN DE LA POBLACIÓN A EXAMINAR

Las muestras se tomaron a personas de sexo femenino y masculino cuyas edades oscilaron entre 20-60 años. Estas personas trabajan en estos establecimientos, mínimo 2 años.

C. EQUIPO, REACTIVOS Y MATERIALES

1. MATERIALES

- Matraz aforado con tapa de 10 mL y 100 mL de vidrio clase A marca Fortuna.

- Pipetas volumétricas de 1 mL, 2 mL y 10 mL de vidrio clase A marca Fortuna.
- Tubos al vacío con anticoagulante EDTA disodico.
- Tubos al vacío con anticoagulante Heparina.
- Gradillas.
- *Cooler*.
- Refrigerantes.
- Alcohol 96 °GL.
- Algodón hidrofilito.
- Agujas descartables N° 20 x 1 ½ pulgadas.
- Marcadores.
- Ligaduras.
- Guantes N°7.
- Cinta adhesiva.

2. REACTIVOS

- Agua ultrapura Merck Millipore.
- APDC (Amonio –pirrolin-ditio-carbamato Merck Ref.7495) al 5 % saturado en Metil –isobutil-cetona saturada.
- Tritón X-100 (Octilfenoxi-polietoxietano Merck Ref. 2603) al 2 % en agua ultrapura.
- MIBK (Metil –isobutil-cetona saturada en agua ultrapura).
- Solución Stock de plomo de 1000 µg/mL.
- Balón de Argon 99,999% pureza.

3. EQUIPOS

- Equipo de Absorción Atómica SHIMADZU Modelo AA-6800.
- Horno de grafito SHIMADZU Modelo GFA-EX7.

- *Autosampler* SHIMADZU Modelo ASC-6100.
- Computadora IBM Pentium 4, Windows®XP.
- Plancha Térmica marca Gerhardt.
- Lámpara de Cátodo Hueco de Plomo.
- Centrifuga marca Hettich Universal 320.

D. TOMA DE MUESTRAS

La toma de muestras se realizó en la Clínica Universitaria que se sitúa dentro del Campus Universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- a) Se limpió minuciosamente el área de punción con una torunda de algodón empapada de alcohol 96 °GL.
- b) Se utilizó el procedimiento de punción venosa con agujas descartables, se recolectó con lentitud para evitar hemólisis, 5 mL de sangre en tubos al vacío según su análisis (tubos con anticoagulante etilendiaminotetracético disódico para el análisis de protoporfirina zinc eritrocitaria y en tubos con anticoagulante heparina para el análisis de plomo en sangre).¹⁸
- c) Se realizó movimientos de los viales en formas circulares, de tal manera que se pudo mezclar el anticoagulante con la sangre.

E. TRANSPORTE Y CONSERVACIÓN

Para trasladarlos al laboratorio se utilizó un *cooler* con refrigerantes. Se mantuvo las muestras en refrigeración, sin congelarse, hasta su análisis.

Todas estas muestras fueron rotuladas y trasladadas inmediatamente después de su recolección a los laboratorios de análisis correspondientes.

La prueba de plomo en sangre se realizó en los establecimientos de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en la Unidad de Servicios de Análisis Químicos. La prueba de protoporfirina zinc eritrocitaria se realizó en el Laboratorio Clínico Roe, en la sede ubicada en San Miguel.

F. PROCEDIMIENTO

1. PREPARACION DEL ESTANDAR

- 1.1** Se preparó un estándar de plomo de 100 mg/L; se tomó 10 mL del estándar certificado de 1000 mg/L y se llevó a un matraz aforado de 100 mL, luego se enrasó con agua ultrapura.
- 1.2** Se preparó un estándar de plomo de 10 mg/L; se tomó 10 mL del estándar de 100 mg/L y se llevó a un matraz aforado de 100 mL, luego se llevó a volumen con agua ultrapura.
- 1.3** Se preparó un estándar de plomo de 1 mg/L; se tomó 10 mL del estándar de 10 mg/L y se llevó a un matraz aforado de 100 mL, luego se llevó a volumen con agua ultrapura.
- 1.4** Se preparó un estándar de plomo de 20 µg/L; se tomó 2 mL del estándar de 1 mg/L y se llevó a un matraz aforado de 100 mL, luego se llevó a volumen con agua ultrapura.
- 1.5** Los estándares de calibración son de 4 µg/L, 8 µg/L, 12 µg/L, 16 µg/L y 18 µg/L. El equipo preparó automáticamente estos estándares a partir del estándar de 20 µg/L.
- 1.6** Se usó como blanco de calibración agua ultrapura.

2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- 2.1 Se tomó 5 mL de sangre total heparinizada en fiola de 10 mL.
- 2.2 Se añadió 1 mL de solución Triton X-100 al 2 %, se agitó durante 1 minuto y se dejó en reposo por 10 minutos en forma horizontal.
- 2.3 Se añadió 1 mL de APDC al 5 %, se agitó durante un minuto y se dejó en reposo por 10 minutos más, en forma horizontal.
- 2.4 Se agregó 3 mL de MIBK, se agitó por 1 minuto y se dejó reposar por 15 minutos, luego se centrifugo a 2 500 rpm por 15 minutos.
- 2.5 Se lee la fase orgánica a 283,3 nm, por Espectrometría de Absorción Atómica.

G. LECTURAS

- α) Una vez encendido el equipo, la determinación fue en modo electrotérmico, por lo cual se revisó el dispositivo que atomizará la muestra (horno de grafito), y se verificó su correcto posicionamiento al paso de la luz, proveniente de la lámpara de cátodo hueco y la lámpara de Deuterio.
- β) Una vez de haber establecido el paso anterior, se verificó el correcto posicionamiento del *Autosampler*. En vista que este accesorio se encargó de depositar los estándares y la muestra en el tubo de grafito para la determinación del analito.
- χ) Se procedió a colocar en el carrusel del *Autosampler* el blanco de calibración, el estándar de trabajo de 20 $\mu\text{g/L}$, el blanco reactivo y las muestras a los viales previamente identificados y enumerados.

δ) Se programó la calibración automática y se verificó la curva de calibración.

ε) Se programó el análisis de las muestras y se constató los resultados.

φ) Las condiciones instrumentales para un análisis de plomo por horno de grafito son:

- Se usó un corrector de fondo (*Background*).
- Longitud de onda = 283,3 nm.
- Slit = 0,5
- Medida de señal = Área del pico.
- Tubo de grafito con plataforma.
- Temperatura programada del horno de grafito:

Temperatura de secado	120 °C
Temperatura de pre tratamiento	800 °C
Temperatura de atomización	2 400 °C

- Volumen de muestra: 20 µL.

III RESULTADOS

Tabla 2:

Niveles de concentración obtenidos de plumbemia (PbB), protoporfirina zinc eritrocitaria (PPZ) y parámetros antropomórficos.

NOMBRE	EDAD (años)	SEXO	DISTRITO	CÓDIGO	CONCENTRACIÓN	
					PbB(µg/d)	PPZ(µg/d)
T.T.E.V.	29	M	SMP	FB1	0,020	64,1
I.V.V.	34	F	SMP	FB2	0,020	22,7
L.M.V.	34	M	LIMA	FB3	0,186	38,4
P.C.C.	35	F	SMP	FB4	0,020	30,1
A.C.Q.	43	M	SMP	FB5	0,225	30,2
F.A.N.	40	F	SMP	FB6	0,020	32,4
N.C.L.	41	F	JM	FB7	0,020	17,2
S.D.A.	68	M	LIMA	FB8	0,020	20,0
M.M.A.	34	F	OLIVOS	FB9	0,238	29,2
B.M.A.	42	F	SMP	FB10	0,043	22,7
M.P.V.	50	F	INDEP.	FB11	0,020	39,1
I.S.S.	35	F	SMP	FB12	0,020	51,7
S.P.C.	30	F	LIMA	FB13	0,020	36,2
J.P.P.	24	F	SMP	FB14	0,020	21,7
V.B.V.	26	F	ATE	FB15	0,020	16,6
B.V.V	50	F	SMP	FB16	0,108	22,9
L.C.S.	47	F	OLIVOS	FB17	0,020	19,0
B.A.O.	25	F	CARABAY	FB18	0,225	36,0
J.L.F.	38	M	OLIVOS	FB19	0,020	75,0
J.P.R.	35	F	OLIVOS	FB20	0,020	26,7
S.R.M.	49	F	VMT	FB21	0,020	21,8
G.H.H.	32	F	OLIVOS	FB22	0,020	30,2
V.P.M.	34	F	SMP	FB23	0,020	41,1
Z.P.C.	31	F	LIMA	FB24	0,020	18,3
S.A.M.	29	F	OLIVOS	FB25	0,020	16,6

Nota: Sexo: masculino (M) y Femenino (F); Distrito: SMP (San Martín de Porres), JM (Jesús María), INDEP (independencia), CARAB (Carabaylo), VMT (Villa María del Triunfo).

Tabla 3:

Factores ocupacionales que están vinculados al nivel de exposición de la población en estudio.

CÓDIGO	TIEMPO DE EXPOSICIÓN (años)	TIEMPO DE TRABAJO (horas)	TIEMPO DE RECAMBIO DEL TÓNER (días)	NÚMERO DE MÁQUINAS FOTOCOPIADORAS
FB1	16	14	5	10
FB2	18	12	5	2
FB3	10	12	10	3
FB4	20	14	5	4
FB5	10	4	5	2
FB6	15	10	3	2
FB7	7	12	15	1
FB8	10	6	10	2
FB9	3	12	5	2
FB10	10	8	10	2
FB11	6	12	6	2
FB12	15	12	3	5
FB13	13	12	5	2
FB14	2	12	5	2
FB15	2	8	6	1
FB16	18	8	6	1
FB17	10	12	15	2
FB18	2	12	15	1
FB19	6	12	5	2
FB20	8	8	6	3
FB21	10	8	6	2
FB22	12	6	5	2
FB23	8	12	15	1
FB24	12	12	6	3
FB25	10	12	15	1

Nota: Los códigos corresponden a los pacientes mencionados en la tabla 2.

Tabla 4:

Datos estadísticos del Tiempo de exposición (años) de la muestra poblacional.

N	25
Media	10,12
Mediana	10
Moda	10
Desviación Estándar	5,09
Mínimo	2
Máximo	20

De las 25 personas que laboran en estas empresas de fotocopadoras, el mínimo de tiempo que vienen trabajando es 2 años y como maximo 20 años, y en promedio desde hace 10 años.

Tabla 5:

Datos estadísticos del Tiempo de trabajo (horas) de la muestra poblacional.

N	25
Media	10,48
Mediana	12
Moda	12
Desviación Estándar	2,66
Mínimo	4
Máximo	14

Estas personas que laboran en estas empresas de fotocopadoras trabajan como mínimo 4 horas al día y como maximo 14 horas al día, y en promedio 10 horas al día.

Tabla 6:

Datos estadísticos del Tiempo de recambio del tóner (días).

N	25
Media	7,68
Mediana	6
Moda	5
Desviación Estándar	4,13
Mínimo	3
Máximo	15

Estas personas que trabajan en estas empresas de fotocopadoras recargan o cambian el tóner de sus máquinas como mínimo cada 3 días y como máximo cada 15 días, y en promedio lo hacen cada 8 días.

Tabla 7:

Datos estadísticos del número de máquinas fotocopadoras.

N	25
Media	2,4
Mediana	2
Moda	2
Desviación Estándar	1,85
Mínimo	1
Máximo	10

De estas personas que laboran en estas empresas de fotocopadoras la mínima cantidad de máquinas que tiene uno de los trabajadores es 1 máquina y como máximo tiene 10 máquinas, y en promedio trabajan con 2 máquinas.

Tabla 8:

Cuadro estadístico de la concentración de protoporfirina zinc eritrocitaria ($\mu\text{g/dL}$) de los trabajadores de las empresas de servicio de fotocopiado que funcionan en el Campus Universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

N		25
Media		31,2
Mediana		29,2
Moda		16,6
Desviación estándar		14,7
Mínimo		16,6
Máximo		75
Percentiles	25	20,9
	50	29,2
	75	37,3

Se considera los valores normales de concentración de Protoporfirina Zinc Eritrocitaria de $10 \mu\text{g/dL}$ a $80 \mu\text{g/dL}$. Se aprecia que la media de la concentración de Protoporfirina Zinc eritrocitaria es de $31,2 \mu\text{g/dL}$; el 50 % del total de datos tienen una concentración menor o igual a $29,2 \mu\text{g/dL}$; el valor más frecuente en la concentración de Protoporfirina Zinc eritrocitaria es $22,7 \mu\text{g/dL}$; los datos se desvían con respecto a la media en promedio de $14,7 \mu\text{g/dL}$; el valor máximo es de $75 \mu\text{g/dL}$ y el valor mínimo de $16,6 \mu\text{g/dL}$. El 25 % del total de datos tienen valor en concentración menor o igual a $20,9 \mu\text{g/dL}$ y el 75 % del total de datos tiene concentración menor o igual a $37,3 \mu\text{g/dL}$. Además la prueba de hipótesis de los niveles de Protoporfirina Zinc eritrocitaria resultó $P < 0,05$, entonces se rechaza H_0 , es decir la media de la concentración de Protoporfirina Zinc eritrocitaria es menor que $80 \mu\text{g/dL}$ (valor máximo del valor normal).

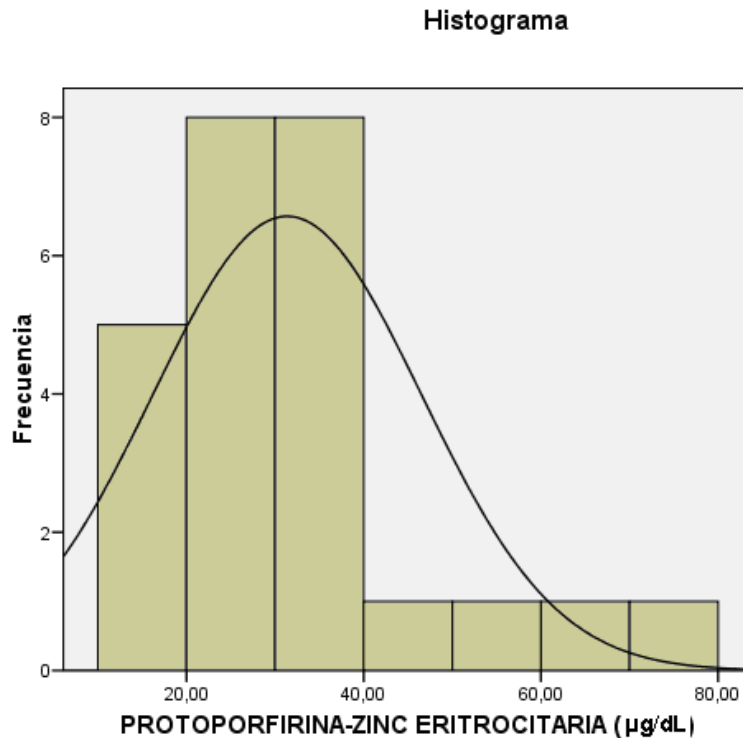


Figura 2. Histograma de la Concentración de Protoporfirina Zinc Eritrocitaria (µg/dL) de la muestra poblacional.

Tabla 9:

Prueba de Hipótesis para comparar los niveles de protoporfirina zinc eritrocitaria (PPZ) con respecto al valor máximo permitido del nivel normal.

Hipótesis

HO: la media de la concentración de PPZ es mayor que 80 µg/dL (valor máximo permitido del nivel normal)

H1: la media de la concentración de PPZ es menor que 80 µg/dL (valor máximo permitido del nivel normal)

PRUEBA T STUDENT

PARÁMETRO ANALIZADO	N	Media	Desviación estándar	P
PPZ (µg/dL)	25	31,2	14,7	0,0000*

Regla de decisión: Si $P < 0,05$ rechazar HO; Si $P > 0,05$ aceptar HO; Nivel de significación 0,05

Tabla 10:

Cuadro estadístico de la concentración de plomo en sangre ($\mu\text{g/dL}$) de los trabajadores de las empresas de servicio de fotocopiado que funcionan en el Campus Universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

N		25
Media		0,056
Mediana		0,020
Moda		0,020
Desviación estándar		0,075
Mínimo		0,020
Máximo		0,238
Percentiles	25	0,020
	50	0,020
	75	0,032

Se considera los valores normales de concentración de plomo menores de $40 \mu\text{g/dL}$. Se aprecia que la media de la concentración de plomo es de $0,056 \mu\text{g/dL}$; el 50 % del total de datos tienen una concentración menor o igual a $0,020 \mu\text{g/dL}$; el valor más frecuente en la concentración de zinc es $0,020 \mu\text{g/dL}$; los datos se desvían con respecto a la media en promedio de $0,075 \mu\text{g/dL}$; el valor máximo es de $0,238 \mu\text{g/dL}$ y el valor mínimo de $0,020 \mu\text{g/dL}$. El 25 % del total de datos tienen valor en concentración menor o igual a $0,02 \mu\text{g/dL}$ y el 75 % del total de datos tiene concentración menor o igual a $0,032 \mu\text{g/dL}$. Asimismo la prueba de hipótesis de la concentración de plomo en sangre cuyo resultado fue que $P < 0,05$, entonces se rechaza H_0 , es decir la media de la concentración de plomo en sangre es menor que $20 \mu\text{g/dL}$ (valor máximo del valor normal).

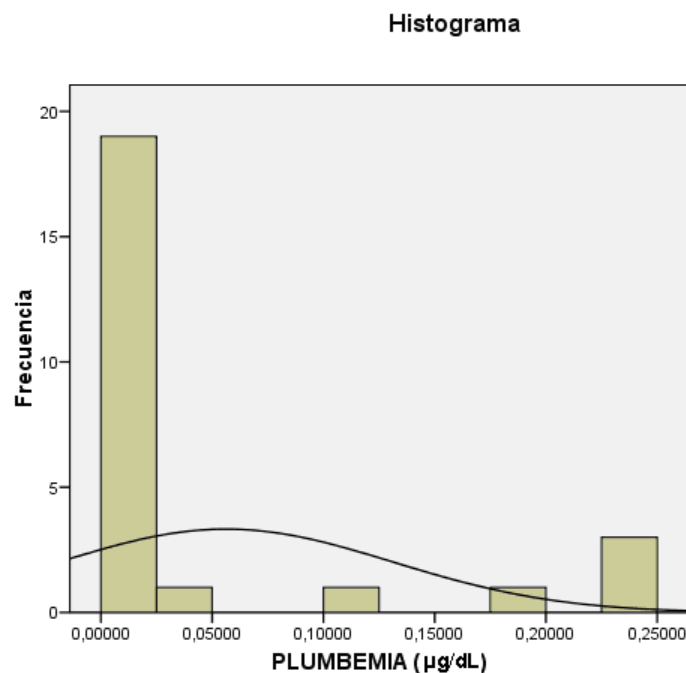


Figura 3. Histograma de la concentración de Plomo en sangre ($\mu\text{g/dL}$) de la muestra poblacional.

Tabla 11:

Prueba de Hipótesis para comparar los niveles de plomo en sangre con respecto al valor máximo permitido del nivel normal de plomo en sangre.

Hipótesis

HO: la media de la concentración de plomo es mayor que $40 \mu\text{g/dL}$ (valor máximo del nivel normal).

H1: la media de la concentración de plomo es menor que $40 \mu\text{g/dL}$ (valor máximo del nivel normal).

PRUEBA T STUDENT

PARÁMETRO ANALIZADO	N	Media	Desviación típ.	P
PLUMBEMIA ($\mu\text{g/dL}$)	25	0,056	0,07	0,0000

Regla de decisión; Si $P < 0,05$ rechazar HO; Si $P > 0,05$ aceptar HO; Nivel de significación 0,05.

Tabla 12:

Correlación de Pearson entre las concentraciones de protoporfirina zinc eritrocitaria y la concentración de plumbemia (plomo en sangre).

PARÁMETROS A CORRELACIONAR	PRUEBAS ESTADÍSTICAS	PLUMBEMIA (µg/dL)
PROTOPORFIRINA-ZINC ERITROCITARIA (µg/dL)	Correlación de Pearson	0,017
	Sig. (bilateral)	0,935
	N	25

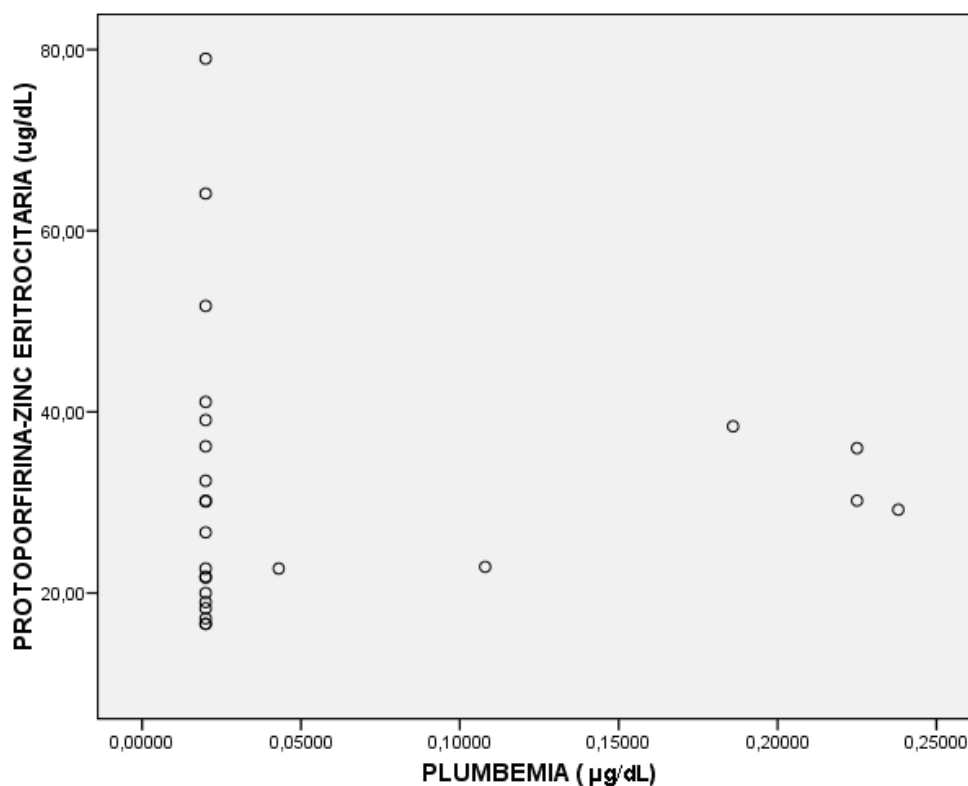


Figura 4. Diagrama de la Correlación de Pearson.

Al realizar la correlación de Pearson se aprecia que existe una correlación baja (0,017) entre los niveles de protoporfirina zinc eritrocitaria y los niveles de plumbemia a esas concentraciones.

Tabla 13:

Concentraciones de plomo en 4 marcas distintas de tóner.

TÓNER	Pb (ppm)
tóner 1	3,55
tóner 2	5,52
tóner 3	18,27
tóner 4	3,47

Nota: se analizó las marcas de tóner que utilizan los trabajadores de fotocopadoras que presentaron mayor concentración de protoporfirina zinc eritrocitaria.

IV DISCUSIONES

Según la Comisión de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo de Madrid-España y el Documento Técnico del “Protocolo de Exámenes Médico Ocupacionales y Guías de Diagnostico de los Exámenes Medico Obligatorios por Actividad” del MINSA-PERÚ (RM N°312-2011/MINSA), recomienda para evaluar el riesgo integral del plomo en las salud ocupacional, indicadores de exposición y de efecto, siendo los más indicados y citados por muchos autores la plumbemia y la protoporfirina zinc eritrocitaria, respectivamente.^{4, 5, 6, 7, 8, 9}

A pesar que los factores ocupacionales de los trabajadores de empresas de fotocopiado que funcionan en el Campus Universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos muestran una considerable exposición al tóner, no influyen en la intoxicación por plomo.

Esto es debido que las condiciones de exposición al plomo que pudiese encontrarse en el tóner han cambiado respecto al tiempo. Antes la manipulación del tóner por los trabajadores era en forma directa, se hacía el recambio del recipiente vacío con tóner nuevo, había una mayor exposición por vía respiratoria y vía oral. Actualmente no se manipula directamente el tóner, se depositan los envases dentro de la máquina hasta que se agoten y luego se recambia el tóner con todo recipiente sin contacto con este.³⁷

Los valores de plomo obtenidos en el tóner en el presente trabajo con respecto a los estudios realizados anteriormente fueron menores.³ Puede ser debido a las restricciones que establecen los organismos Internacionales como la directiva sobre restricciones de sustancias peligrosas (RoHS) de la Unión Europea.^{38, 39, 40}

V CONCLUSIONES

- a. Los trabajadores de las empresas de fotocopiado que funcionan en el Campus Universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos presentan plomo en sangre y protoporfirina zinc eritrocitaria.
- b. La concentración de plomo en sangre se encuentran en el rango de valores permitidos en los trabajadores de empresas de servicio de fotocopiado que funcionan en el Campus Universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- c. La concentración de plomo en sangre es menor respecto al valor máximo permitido del valor normal (40 µg/dL).
- d. La concentración de protoporfirina zinc eritrocitaria en sangre se encuentran en el rango de valores permitidos en los trabajadores de empresas de servicio de fotocopiado que funcionan en el Campus Universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- e. La concentración de protoporfirina zinc eritrocitaria es menor respecto al valor máximo permitido del valor normal (80 µg/dL).
- f. Existe una correlación baja y no significativa entre los niveles de protoporfirina zinc eritrocitaria y los niveles de plomo en sangre a las concentraciones halladas.

VI RECOMENDACIONES

1. Continuar la investigación en un número mayor de trabajadores de estas empresas de servicio de fotocopiado y monitorear los niveles de otros contaminantes en el tóner de estas fotocopiadores.
2. Brindar a la población una mayor y mejor información sobre contaminación por plomo y el riesgo para la salud, y sobre todo hacer hincapié en la correcta manipulación del tóner de estas fotocopiadoras.
3. Disminuir el contacto con el tóner en esta población, utilizando maquinas modernas y con insumos de buena calidad, así como también evitar el reciclado del tóner.

VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ramírez AV. El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional del plomo. Artículo de los Anales de la Facultad de Medicina Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2005. ISSN 1025-5583: 57-70.
2. Lan Zuzendaritza/Dirección de Trabajo del Gobierno Vasco. Seguridad e Higiene en el trabajo. Servicio Central de publicaciones. Monografía Plomo. 1986; 2.
3. Talavera-Nuñez ME, Guillen MO. Evaluación de metales pesados en el tóner usado en fotocopiadoras. Su relación con los trabajadores y medidas de mitigación. Artículo de la Revista de la Sociedad Química del Perú. 2009: 185-6.
4. US Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration. Zinc protoporphyrin as an indicator of lead exposure: precision of zinc protoporphyrin measurements. Int Arch Occup Environ Health 1987; 59: 613-21.
5. Alvarado M, Fernandez E. Determinación de protoporfirina eritrocítica unida a zinc y otros valores hematológicos en donadores de sangre del Hospital San Juan de Dios. 1983. [fecha de acceso 10 de julio de 2014]. URL disponible en: <http://www.binasss.sa.cr/revistas/rccm/v4n2/art1.pdf>.
6. Wildt K, Berlin M, Isberg PE. Monitoring of Zinc Protoporphyrin Levels in Blood Following Occupational Lead Exposure. Am J Ind Med 1987; 12: 385-98.
7. Cárdenas-Bustamante O, Varona ME, Nuñez SM, Ortiz JE, Peña GE, et. al. Correlación de protoporfirina zinc y plomo en sangre en trabajadores de

- fábricas de baterías, de Bogotá, Colombia. Artículo de Salud Pública de Mexico. 2001; 43(3): 203-10.
8. Suga RS, Fischinger AJ, Knoch FW. Establishment of normal values in adults for zinc protoporphyrin (ZPP) using hematofluorometer: correlation with normal blood lead values. American Industrial Hygiene Association Journal 1981; 42(9): 637-42.
 9. MINSA / Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental. Documento Técnico: Protocolos de Exámenes Médico Ocupacionales y Guías de Diagnostico de los exámenes Médicos obligatorios por actividad. Lima; 2011: 20-22.
 10. Comisión de Salud Pública-Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud. Protocolo de vigilancia sanitaria específica para los/as trabajadores expuestos a plomo. Madrid; 1999: 20-21.
 11. Alessio L, Foa V. Lead, Human biological monitoring of industrial chemicals series. Commission of the European Communities; Luxemburgo. 1983.
 12. Quintana ME, Salas M. Receptores solubles de Transferrina como mejor indicador bioquímico para definir deficiencia de hierro. Artículo de la Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana. 2010; 44(3): 311-6 .
 13. Molina N, Velasco MT. Costo-Beneficio del uso del Hematofluorómetro en etapa subclínica del saturnismo. Tesis para obtener el título de maestría en Salud pública con especialidad en el Trabajo. Monterrey; 1983: 35-38.
 14. Blumberg WE, Elsinger J, Lamola AA, Zuckerman DM. The Hematofluorometer. Clin. Chem. 1977; 23(2): 270-4.

15. Peter F, Growcock G, Strunc G. Fluorometric Determination of Erythrocyte Protoporphyrin Blood, a Comparison between Direct (Hematofluorometric) and Indirect (Extraction) Methods. Clin Chem. 1978; 24(9): 1515-7.
16. Determinación de plomo en sangre - Método de cámara de grafito Espectrofotometría de absorción atómica. [en línea] España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales; 2001. [fecha de acceso 10 de julio del 2014]. URL disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/MetodosAnalisis/Ficheros/MB/MB_011_R92.pdf.
17. NOM-199-SSA1-2000, Salud ambiental. Niveles de plomo en sangre y acciones como criterios para proteger la salud de la población expuesta no ocupacionalmente. Norma Oficial Mexicana-2000. [fecha de acceso 09 de julio del 2014]. URL disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/199ssa10.html>.
18. Gisbert Calabuig JA, Medicina Legal y Toxicología. Barcelona. Ed. Masson S.A. 5ta. Ed. 1998.
19. Corey OG, Galvao IA. Plomo serie Vigilancia N° 8. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud OPS/OMS. México D.F. 1989. 19–40, 46–54.
20. Howson CP, Hernandez-Avila M, Rall DP. El plomo en América, Estrategias para la prevención. México D.F. 1996: 85-6.
21. Organización Mundial de la Salud. Plomo, Criterios de salud ambiental. Washington. D.C. OPS/OMS; 1995. Publicación Científica N° 388.
22. Blackburn K, Derosa C, Stava J. Derivados Alquílicos del Plomo. Efectos sobre la salud y el ambiente. Documento Provisional. Centro Panamericano

de Ecología Humana y Salud. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. EPA Environmental protection Agency. México D.F. 1988.

23.Skoog DA, Holler FJ, Nieman TA. Principios de Análisis Instrumental. 5ª ed. Barcelona: Mc Graw-Hill; 1993. p. 227-50.

24.Manual Perkin-Elmer. AAnalyst 800 Espectrómetro de Absorción Atómica. Alemania; 1999.

25.Organización Mundial de la Salud. Detección precoz de enfermedades profesionales. Ginebra 1987. p.90-6.

26.Molina¹ Laura, Rondón Carlos, Di Bernardo María, Yépez Juan, Guerrero Leyda. Anemias sideroblásticas y puenteado basófilo: Indicador biológico por exposición ocupacional al plomo y sus derivados. INHRR [revista en la Internet]. 2012 Jun [fecha de acceso 08 de julio del 2014]; 43(1): 007-014. Disponible en:
http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772012000100002&lng=es.

27.Veliz Lizarraga NA. Determinación de plomo en la sangre de sujetos expuestos y no expuestos ocupacionalmente a este elemento. [Trab. Apt. Prof. F.F.B.; U.N.M.S.M.] Lima 1961.

28.Venturo Gago J. Aquiles BU. Determinación espectrofotométrica por absorción atómica de plomo, manganeso y níquel en sujetos ocupacionalmente expuestos. [Trab. Apt. Prof. F.F.B. U.N.M.S.M.] Lima 1975.

29. Goodman GA, Goodman LS, Roll TW, Rurad F. Las bases farmacológicas de la terapéutica. Ed. Médica Panamericana S.A. 7^a Ed. Buenos Aires-Argentina; 1986. p. 1531-2.
30. Organización Panamericana de la Salud. Componentes Inorgánicos que afectan la salud en: Criterios relativos a la salud y otra información de base. Washington D. C. 1987. 87-91.
31. World Health Organization. ECH 165: Inorganic Lead. Identity, physical and chemical properties, and analytical methods. Geneva 1995: 33-47.
32. Verschoor M, Herber R, Zielhuis R, Wibowo A. Zinc protoporphyrin as an indicator of lead exposure: precision of zinc protoporphyrin measurements. Int Arch Occup Environ Health 1987; 59: 613-21.
33. Lauwerys RR. Toxicologie Industrielle et Intoxications Professionnelles. Ed. Elsevier-Masson. Paris; 1982.
34. Wildt K, Berlin M, Isberg PE. Monitoring of Zinc Protoporphyrin Levels in Blood Following Occupational Lead Exposure. Am J Ind Med. 1987; 12(4): 385-98.
35. Apostoli P, Maranelli G. Impiego della Zincoprotoporfirina eritrocitaria nel controllo biologico di popolazioni lavorative esposti a piombo metallico. Med Lav 1986; 7(5):529-37.
36. Apostoli P, Maranelli G, Gaffuri E. Incremento dei valori di piombemia e zincoprotoporfirina eritrocitaria nei primi anni di lavoro a rischio. Med Lav 1986; 77(6): 622-7.
37. Universidad Pontificia Comillas. [base de datos en internet]. Normas de actuación en caso de derrame del polvo tóner. [fecha de acceso 07 de julio

del 2014]. URL disponible en:
http://web.upcomillas.es/servicios/documentos/serv_rrhh_actu_derr_toner.pdf

38.Xerox. [base de datos en internet]. Regulación del uso de sustancias químicas (RoHS, REACH) [fecha de acceso 07 de julio del 2014]. URL disponible en: <http://www.xerox.es/about-xerox/environment/clean-manufacturing/chemicals/eses.html>.

39.HP. [base de datos en internet]. Preguntas y respuestas Medioambientales. [fecha de acceso 07 de julio del 2014]. URL disponible en: http://www8.hp.com/es/es/hp-information/environment/fags.html#.U8X9y_I5O2U.

40.Lexmark. [base de datos en internet]. Responsabilidad Social Corporativa. [fecha de acceso 07 de julio del 2014]. URL disponible en: http://www.lexmark.com/es_mx/about/corporate-responsibility.html.

VIII ANEXOS

Anexo 1. Fotografía entrevistando a un trabajador de las empresas de servicio de fotocopiado del Campus Universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.



Antes de iniciar la recolección de muestras, se informó y concientizó a los trabajadores de las empresas de servicio de fotocopiado sobre el riesgo de intoxicación por plomo, asimismo se hizo la recolección de datos para sus posterior análisis.

Anexo 2. Documento de recolección de datos.

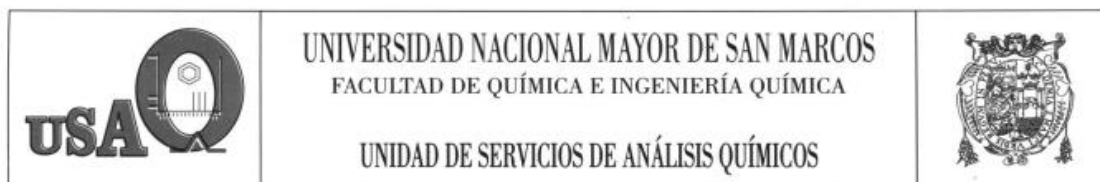
Universidad Nacional Mayor de San Marcos

(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

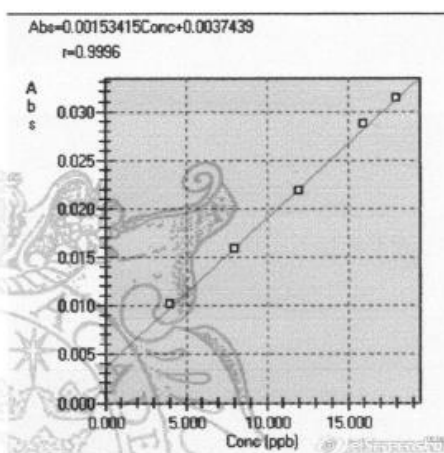
Facultad de Farmacia y Bioquímica

Test de Evaluación	
• Datos personales	
Nombre y Apellido:	
Sexo:	Edad:
Distrito:	
• Antecedentes Ocupacionales	
Trabajos relacionados a la contaminación por plomo:	
Tiempo de sucedido:	
• Factores ocupacionales	
Antigüedad ocupacional:	
Horas de trabajo:	
Número de máquinas:	
Tiempo de recambio del tóner:	

Anexo 3. Curva de calibración.



Concentración (ppb)	Absorbancia
4.0000	0.0101
8.0000	0.0158
12.000	0.0219
16.000	0.0286
18.000	0.0313

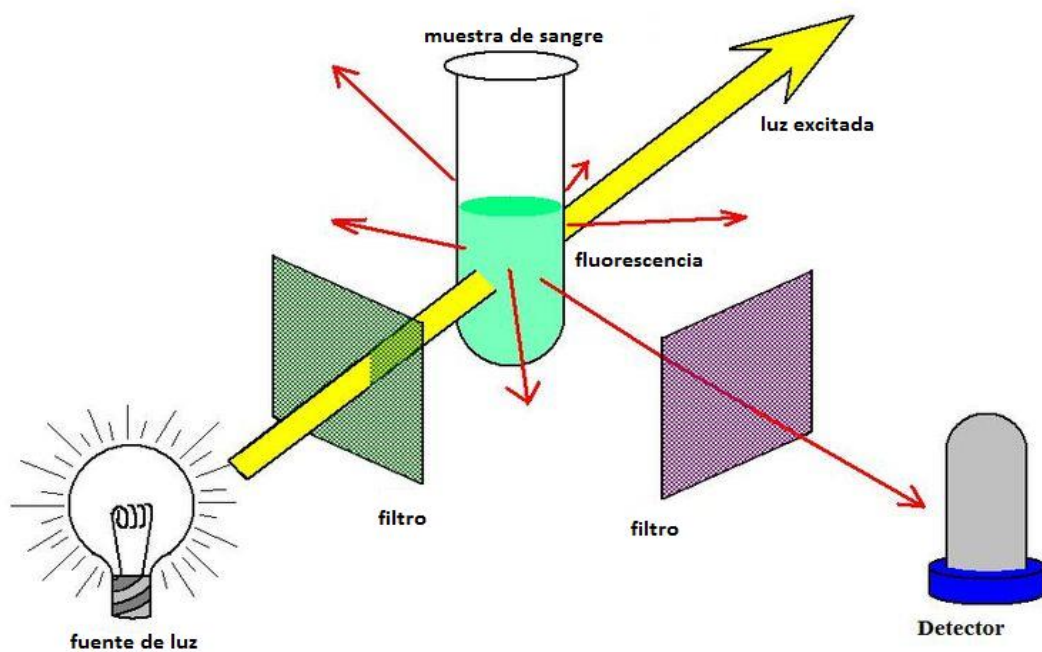


$$\text{Abs} = 0,00153415 \times \text{Concentración} + 0,0037439$$

$$r = 0,9996$$

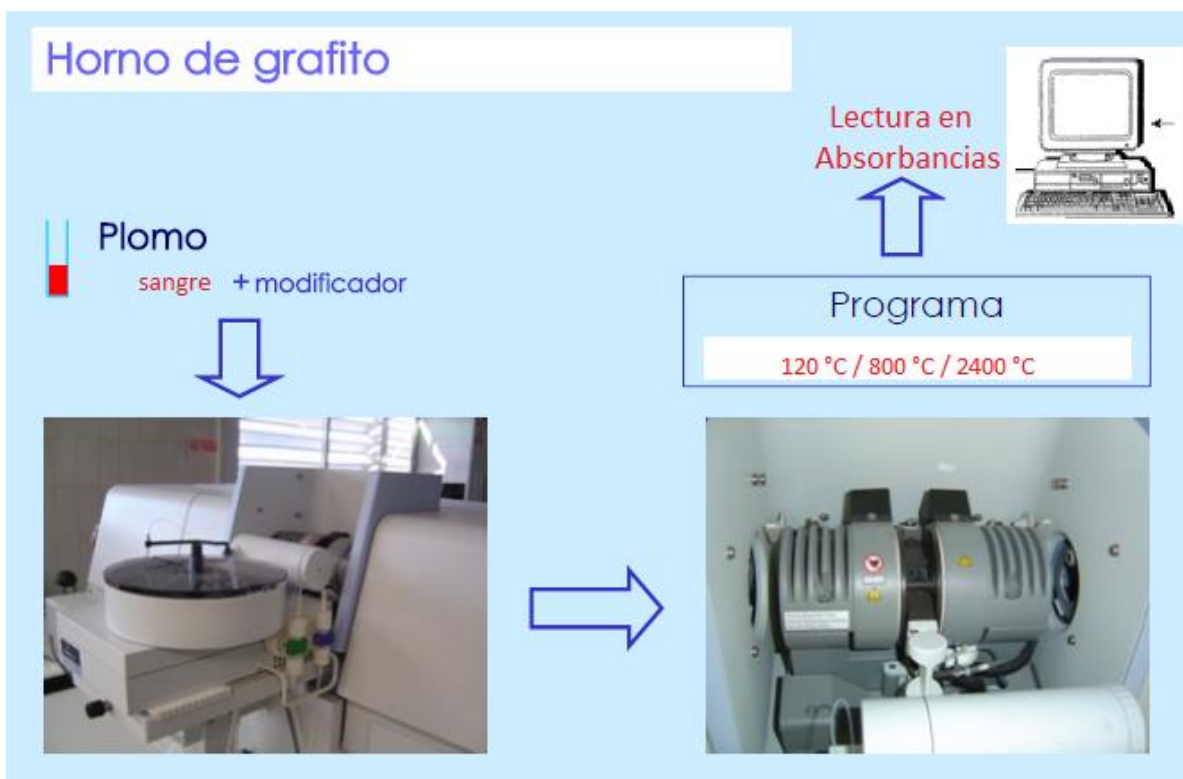
Curva de calibración de los estándares diluidos por el propio equipo a partir de una estándar a una concentración de 20 µg/L.

Anexo 4. Esquema de la Espectrofluorimetría.



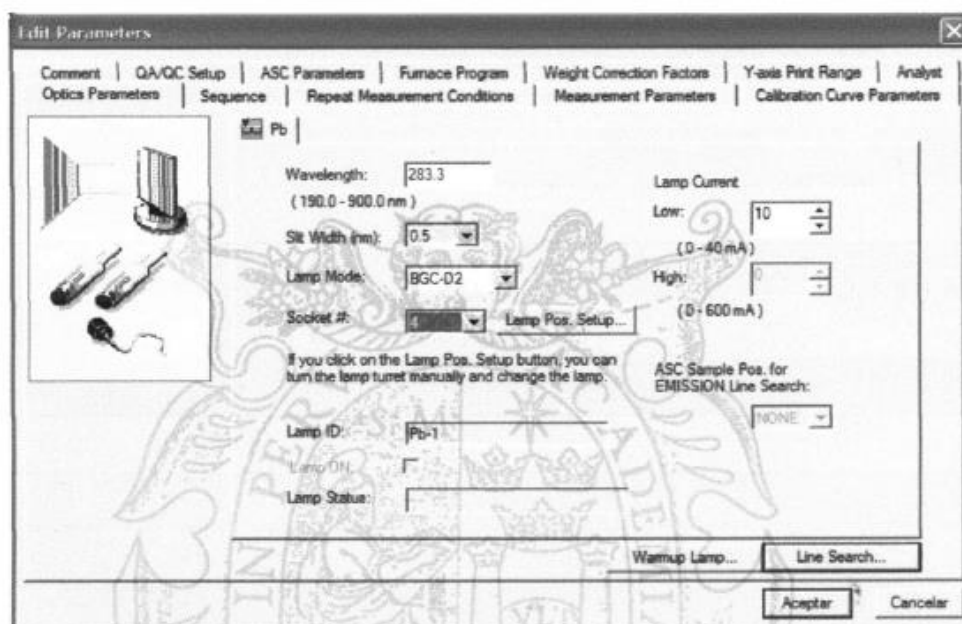
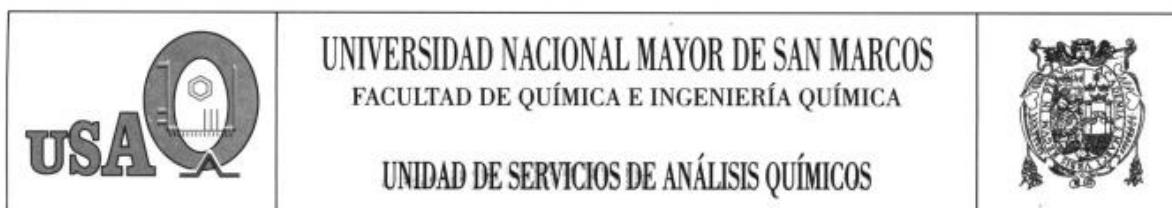
La muestra de sangre es analizada directamente por el Hematofluorímetro.

Anexo 5. Esquema de Absorción Atómica por horno de grafito.



La muestra es tratada y puesta al equipo para su posterior lectura, el resultado de la concentración es dado por el *software* según la curva de calibración preparada con el estándar de plomo.

Anexo 6. Parámetros del método de Absorción Atómica por horno de grafito.



Se muestra una ventana del *software* del equipo de Absorción Atómica donde se indican los parámetros del método para cuantificar el plomo en sangre.

Anexo 7. Resultados de plomo en tóner.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA
UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS

INFORME DE ENSAYO N° 187-2014

Cliente : JOSE CARLOS ANTAY UTANI
Dirección : Mz. G LL 9 Villa Sol – Villa Maria del Triunfo
Referencia USAQ : 136-01/04
Muestras : TONER
Cotización : 179-2014/USAQ-FQIQ
Fecha de Recepción : 18/06/2014
Fecha de Emisión : 23/06/2014

RESULTADO DE ANALISIS DETERMINACIÓN DE PLOMO TOTAL

Código de Muestra USAQ.	Referencia y Código del Cliente	Determinación	Resultados
136-01	TONER – 01	PLOMO TOTAL	3.55 ppm
136-02	TONER – 02	PLOMO TOTAL	5.52 ppm
136-03	TONER - 03	PLOMO TOTAL	18.27 ppm

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-187-2014 JOSE CARLOS ANTAY UTANI(Página 1 de 2)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA
UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS

RESULTADO DE ANALISIS DETERMINACIÓN DE PLOMO TOTAL

Código de Muestra USAQ.	Referencia y Código del Cliente	Determinación	Resultados
136-04	TONER – 04	PLOMO TOTAL	3.47 ppm

Muestra Proporcionada por el Cliente.

Método: DETERMINACIÓN DE METALES POR ABSORCIÓN ATÓMICA METALES FAAS USAQ-ME-04

PERCY YADUE LÓPEZ MARILUZ
QUÍMICO
COP. 876

Nota: El presente informe sólo es válido en su estado original y se refiere únicamente a la muestra analizada, cualquier corrección o omisión en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.
Observ.: La muestra podrá ser devuelta después del plazo de 15 días calendario de entregado el Informe de Ensayo, pasado el tiempo indicado no se aceptarán reclamos ni devoluciones.

IE-187-2014 JOSE CARLOS ANTAY UTANI(Página 2 de 2)

Anexo 8. Resultados de plomo en sangre.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA

UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



INFORME DE ENSAYO N° 122-2013

Cliente : UNMSM-Facult. De Farmacia y Bioquímica
Dirección : Jr. Puno 1002 - Lima
Atención : Sr. José Carlos Antay / Alfonso Saire
Referencia USAQ : 098-01/05
Muestras : SANGRE
Cotización : 052-2013/USAQ-FQIQ
Fecha de Recepción : 14/03/2013
Fecha de Emisión : 21/03/2013

RESULTADO DE ANALISIS DE: PLOMO

Código de Muestra	Referencia y Código de la Muestra	Determinación	Resultados
USAQ 098-01	05	PLOMO	2.25 ppb
USAQ 098-02	09	PLOMO	2.38 ppb
USAQ 098-03	10	PLOMO	0.43 ppb
USAQ 098-04	16	PLOMO	1.08 ppb

Muestra Proporcionada por el Cliente

IE-122-2013 UNMSM-FFB (SANGRE)(Página 1 de 2)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA

UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



RESULTADO DE ANALISIS DE: PLOMO

Código de Muestra	Referencia de la Muestra	Determinación	Resultados
USAQ 098-06	18	PLOMO	2.25 ppb

Muestra Proporcionada por el Cliente.

Límite de Detección Plomo : 0.4 ppb

Método: NOM-EM-004-SSA1 Metales GFAAS USAQ-ME-15

Quím. María Angélica Rodríguez Best
Directora de la USAQ
CQP: 597

Nota: El presente informe sólo es válido en su estado original y se refiere únicamente a la muestra analizada, cualquier corrección o omisión en el contenido del presente informe la anula automáticamente.
Observ.: La muestra podrá ser devuelta después del plazo de 15 días calendario de entregado el Informe de Ensayo, dado el tiempo indicado no se aceptarán reclamos ni devoluciones.

IE-122-2013 UNMSM-FFB (SANGRE)(Página 2 de 2)



INFORME DE ENSAYO **N° 271-2013**

Cliente : UNMSM-Facult. De Farmacia y Bioquímica
Dirección : Jr. Puno 1002 - Lima
Atención : Sr. José Carlos Antay / Alfonso Saire
Referencia USAQ : 221-01/09
Muestras : SANGRE
Cotización : 052-2013/USAQ-FQIQ
Fecha de Recepción : 19/07/2013
Fecha de Emisión : 23/07/2013

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE : PLOMO

Código de Muestra	Referencia y Código de la Muestra	Determinación	Resultados
USAQ 221-01	20	PLOMO	N.D.
USAQ 221-02	14	PLOMO	N.D.
USAQ 221-03	3	PLOMO	1.86 ppb
USAQ 221-04	13	PLOMO	N.D.
USAQ 221-05	19	PLOMO	N.D.

Muestra Proporcionada por el Cliente

IE-271-2013 UNMSM-FFB (SANGRE)(Página 1 de 2)



RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE: PLOMO

Código de Muestra	Referencia de la Muestra	Determinación	Resultados
USAQ 221-06	21	PLOMO	N.D.
USAQ 221-07	1	PLOMO	N.D.
USAQ 221-08	6	PLOMO	N.D.
USAQ 221-09	12	PLOMO	N.D.

Muestra Proporcionada por el Cliente

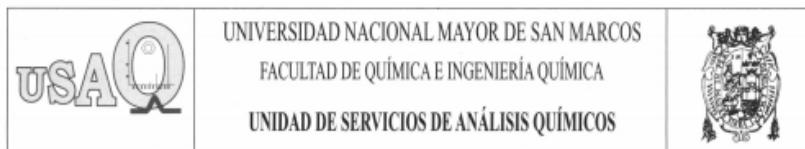
Límite de Detección Plomo : 0.5 ppb

Método: NOM-EM-004-SSA1 Metales GEAAS-USAQ-ME-15


 Quím. María Angélica Rodríguez Best
 Directora de la USAQ
 U.S.A.Q. 597

Nota: El presente informe sólo es válido en su estado original y se refiere únicamente a la muestra analizada, cualquier corrección o enmienda en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.
 Observ.: La muestra podrá ser devuelta después del plazo de 15 días calendario de entregado el Informe de Ensayo, dado el tiempo indicado no se aceptarán reclamos ni devoluciones.

IE-271-2013 UNMSM-FFB (SANGRE)(Página 2 de 2)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA
UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS

**INFORME DE ENSAYO
N° 071-2013**

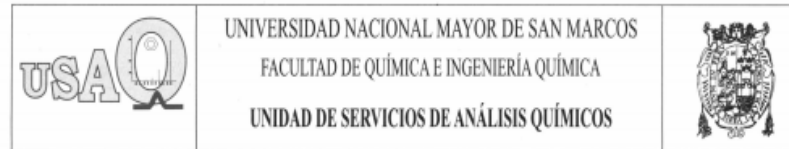
Cliente : UNMSM-Facult. De Farmacia y Bioquímica
Dirección : Jr. Puno 1002 - Lima
Atención : Sr. José Carlos Antay / Alfonso Saire
Referencia USAQ : 056-01/07
Muestras : SANGRE
Cotización : 052-2013/USAQ-FQIQ
Fecha de Recepción : 14/02/2013
Fecha de Emisión : 22/02/2013

RESULTADO DE ANALISIS DE: PLOMO

Código de Muestra	Referencia de la Muestra	Determinación	Resultados
USAQ 056-01	17	PLOMO	N.D.
USAQ 056-02	11	PLOMO	N.D.
USAQ 056-03	15	PLOMO	N.D.
USAQ 056-04	8	PLOMO	N.D.
USAQ 056-05	2	PLOMO	N.D.

Muestra Proporcionada por el Cliente

IE-071-2013 UNMSM-FFB (Página 1 de 2)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA
UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS

RESULTADO DE ANALISIS DE: PLOMO

Código de Muestra	Referencia de la Muestra	Determinación	Resultados
USAQ 056-06	4	PLOMO	N.D.
USAQ 056-07	7	PLOMO	N.D.

Muestra Proporcionada por el Cliente.

N.D. = NO DETECTABLE
Límite de Detección: 4 ppb

Método: Metales GFAAS Determinación de Metales por Absorción Atómica con Horno de Grafito
USAQ-ME-15

PERCY YACUE LÓPEZ MARILUZ
QUÍMICO
CQP. 876

Nota: El presente informe sólo es válido en su estado original y se refiere únicamente a la muestra analizada, cualquier corrección o enmienda en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.
Observ.: La muestra podrá ser devuelta después del plazo de 15 días calendario de entregado el Informe de Ensayo, dado el tiempo indicado no se aceptarán reclamos ni devoluciones.

IE-071-2013 UNMSM-FFB (Página 2 de 2)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA

UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



**INFORME DE ENSAYO
N° 330-2013**

Cliente : UNMSM-Facult. De Farmacia y Bioquímica
Dirección : Jr. Puno 1002 - Lima
Atención : Sr. José Carlos Antay / Alfonso Saire
Referencia USAQ : 270-01/04
Muestras : SANGRE
Cotización : 052-2013/USAQ-FQ00
Fecha de Recepción : 17/09/2013
Fecha de Emisión : 23/09/2013

RESULTADO DE ANALISIS DE: PLOMO

Código de Muestra	Referencia y Código de la Muestra	Determinación	Resultados
270-01	24	PLOMO	N.D.
270-02	25	PLOMO	N.D.
270-03	22	PLOMO	N.D.
270-04	23	PLOMO	N.D.

Muestra Proporcionada por el Cliente

N.D. = NO DETECTABLE

Límite de Detección Plomo : 4 ppb

Método: NOM-EM-004-SSA1 Metales GFAAS, USAQ-ME-15

Quim. María Angélica Rodríguez Best
Directora de la USAQ
CQP: 597

Nota: El presente informe sólo es válido en su estado original y se refiere únicamente a la muestra analizada, cualquier corrección o omisión en el contenido del presente informe la anula automáticamente.

Observ.: La muestra podrá ser devuelta después del plazo de 15 días calendario de entregado el Informe de Ensayo, dado el tiempo indicado no se aceptarán reclamos ni devoluciones.

III-330-2013 UNMSM-PFTS (SANGRE)(Página 1 de 1)


Anexo 8. Resultados de protoporfirina zinc eritrocitaria.



Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre

FB1 19 jul 2013
01-2413449 15312


Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	(muestra enviada) 64.1	(10 - 80); (> 100=crítico) µg/dL	
Método= Hematofluorómetro			



Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre

FB 2 07 feb 2013
01-2327849 03312


Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	(muestra enviada) 22.7	(10 - 80); (> 100=crítico) µg/dL	
Método= Hematofluorómetro			



Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre

FB3 19 jul 2013
01-2413454 16312

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	(muestra enviada) 38.4	(10 - 80); (> 100=crítico) µg/dL	
Método= Hematofluorómetro			



Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre

FB 4 07 feb 2013
01-2327852 04312

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	(muestra enviada) 30.1	(10 - 80); (> 100=crítico) µg/dL	
Método= Hematofluorómetro			



Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre



Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre

FB 05

14 mar 2013

FB6

19 jul 2013

01-2346206

10215

01-2413450

17312

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
(muestra enviada)			
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	30.2	(10 - 80); (> 100=crítico) $\mu\text{g/dL}$	
Método= Hematofluorómetro			

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
(muestra enviada)			
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	32.4	(10 - 80); (> 100=crítico) $\mu\text{g/dL}$	
Método= Hematofluorómetro			



Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre



Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre

FB 7

07 feb 2013

FB 8

07 feb 2013

01-2327853

05312

01-2327857

06312

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
(muestra enviada)			
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	17.2	(10 - 80); (> 100=crítico) $\mu\text{g/dL}$	
Método= Hematofluorómetro			

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
(muestra enviada)			
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	20.0	(10 - 80); (> 100=crítico) $\mu\text{g/dL}$	
Método= Hematofluorómetro			



ROE
LABORATORIO
CLÍNICO

Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre



ROE
LABORATORIO
CLÍNICO

Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre

FB 09

14 mar 2013

01-2346208

09215

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
(muestra enviada)			
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	29.2	(10 - 80); (> 100=crítico) $\mu\text{g/dL}$	
Método= Hematofluorómetro			



ROE
LABORATORIO
CLÍNICO

Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre



ROE
LABORATORIO
CLÍNICO

Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre

FB 11

07 feb 2013

01-2327858

07312

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
(muestra enviada)			
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	39.1	(10 - 80); (> 100=crítico) $\mu\text{g/dL}$	
Método= Hematofluorómetro			

FB 10

06 mar 2013

01-2341738

07377

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
(muestra enviada)			
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	22.7	(10 - 80); (> 100=crítico) $\mu\text{g/dL}$	
Método= Hematofluorómetro			

FB12

19 jul 2013

01-2413458

18312

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
(muestra enviada)			
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	51.7	(10 - 80); (> 100=crítico) $\mu\text{g/dL}$	
Método= Hematofluorómetro			



Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre



Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre

FB13

19 jul 2013

FB14

19 jul 2013

01-2413460

04312

01-2413462

19312

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	(muestra enviada) 36.2	(10 - 80); (> 100=crítico) µg/dL	
Método= Hematofluorómetro			

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	(muestra enviada) 21.7	(10 - 80); (> 100=crítico) µg/dL	
Método= Hematofluorómetro			



Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre



Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre

FB 15

07 feb 2013

FB 16

14 mar 2013

01-2327860

08312

01-2346205

11215

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	(muestra enviada) 16.6	(10 - 80); (> 100=crítico) µg/dL	
Método= Hematofluorómetro			

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	(muestra enviada) 22.9	(10 - 80); (> 100=crítico) µg/dL	
Método= Hematofluorómetro			



ROE
LABORATORIO
CLINICO

Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre



ROE
LABORATORIO
CLINICO

Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre

FB 17

07 feb 2013

FB 18

06 mar 2013

01-2327861

09312

01-2341744

08377

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades	Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
	(muestra enviada)				(muestra enviada)		
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	19.0	(10 - 80);(> 100=crítico) µg/dL		PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	36.0	(10 - 80);(> 100=crítico) µg/dL	
		Método= Hematofluorómetro				Método= Hematofluorómetro	



ROE
LABORATORIO
CLINICO

Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre



ROE
LABORATORIO
CLINICO

Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre

FB19

19 jul 2013

FB20

19 jul 2013

01-2413464

03312

01-2413466

20312

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades	Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
	(muestra enviada)				(muestra enviada)		
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	75	(10 - 80);(> 100=crítico) µg/dL		PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	26.7	(10 - 80);(> 100=crítico) µg/dL	
		Método= Hematofluorómetro				Método= Hematofluorómetro	



ROE
LABORATORIO
CLÍNICO

Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre



ROE
LABORATORIO
CLÍNICO

Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre

FB21

19 jul 2013

FB22

03 sep 2013

01-2413467

21312

01-2434494

23312

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	(muestra enviada) 21.8	(10 - 80);(> 100=crítico) µg/dL	
	Método= Hematofluorómetro		

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	(muestra enviada) 30.2	(10 - 80);(> 100=crítico) µg/dL	
	Método= Hematofluorómetro		



ROE
LABORATORIO
CLÍNICO

Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre



ROE
LABORATORIO
CLÍNICO

Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre

FB23

03 sep 2013

FB 24

17 sep 2013

01-2434497

24312

01-2441939

01312

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	(muestra enviada) 41.1	(10 - 80);(> 100=crítico) µg/dL	
	Método= Hematofluorómetro		

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	(muestra enviada) 18.3	(10 - 80);(> 100=crítico) µg/dL	
	Método= Hematofluorómetro		



ROE
LABORATORIO
CLÍNICO

Dr. Carlos Roe Battistini
Dr. Eduardo Roe Battistini
Dr. Manuel Leiva Beraún
Dr. Juan C. Gómez De la Torre

FB 25

17 sep 2013

01-2441940

02312

Análisis	Resultado	Rango de Referencia	Unidades
PROTOPORFIRINA-ZINC, HEMATIES	(muestra enviada) 16.6	(10 - 80); (> 100=crítico) Método= Hematofluorómetro	µg/dL